



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

***Facultad de Ciencias***

***Escuela de Ingeniería Química***

***“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE “CHAQUISHCA” DE LA CIUDAD DE GUARANDA ”***

**Tesis de Grado Previa la obtención del título de:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**FERNANDA RAQUEL VÁSQUEZ SOLÍS**

***Riobamba – Ecuador***

***2013***

## *Agradecimiento*

A Dios y la Virgen Santísima, quienes guían mis pasos, y me han brindado la sabiduría y la inteligencia que me permitieron culminar con una etapa más de mi vida.

A mis amados padres Eduardo y Gloria, el pilar fundamental de mi existencia que con su esfuerzo y su sacrificio constante cristalizaron esta meta.

A mis hermanos Christian y Jairo, por su apoyo incondicional y compartir conmigo un mundo lleno de risas y tranquilidad.

A Lenin Fabricio, quien le ha brindado un matiz distinto a mi vida con su amor, su comprensión y compañía.

A mis amigos Luis Miguel, Jhonathan, Cristian, Diego y Juan Enrique, mis hermanos y confidentes con quienes he compartido mis alegrías y tristezas.

A la E.P.- EMAPA-G que auspició esta investigación, al Ing. Raúl Allán Responsable de la planta de tratamiento, a la Dra. Gina Álvarez Responsable del laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH por su valiosa colaboración y amistad.

Al Ing. Fernando Cazco, Director de tesis y la Ing. Mónica Andrade miembro de tesis, quienes aportaron sus amplios conocimientos para lograr la culminación de esta investigación.

De igual manera a todas las personas que han formado parte esencial en vida, quienes con sus consejos y su aliento comparten mi alegría de una meta cumplida.

## *Dedicatoria*

A la Virgen María, mi Madre Celestial quién me protege e intercede por mí a cada instante.

A mis padres y mis hermanos, que me han apoyado y han sido mi fuente de fortaleza y empeño para seguir luchando en todas las adversidades que se han presentado a lo largo de mi vida.

A Lenin Fabricio, quien ha llegado a formar parte de vida y me ha brindado su apoyo incondicional y el aliento para superarme.

*“Yo, Fernanda Raquel Vásquez Solís soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”*

---

*Fernanda Raquel Vásquez Solís*

## INDICE DE ABREVIATURAS

Coeficiente de variación diaria	$K_1$
Coeficiente de variación horaria	$K_2$
Dotación básica (L/hab*día)	$DB$
Dotación de agua	$D$
Factor de Mayorización	$FM$
Gasto máximo diario	$QMd$
Gasto máximo horario	$QMh:$
Gasto medio diario	$Qmed$
Número de años que se va a proyectar la población	$t$
Número de habitantes	$P$
Población al inicio del período	$No$
Población futura, resultado de la proyección	$Nt$
Tasa media anual de crecimiento	$r$
Total de usuarios servidos (habitantes)	$Tus$
Volumen de agua consumida (L/día)	$Vac$
Caudal de captación	$Q_{captación}$
Caudal de la Planta de Tratamiento	$Q_{tratamiento}$
Volumen de regulación	$Vr$
Caudal medio diario	$Qmd$
Volumen para protección contra incendios	$Vi$

Población en miles	$p$ :
Volumen de emergencia	$V_e$
Volumen total	$V_t$
Área total del aireador	$A_t$
Carga Hidráulica	$TA$
Caudal de diseño	$Q_d$
Número de torres	$N_{torres}$ :
Gravedad	$g$
Altura	$H$
Velocidad de sedimentación	$V_s$
Diámetro de las partículas	$d$
Peso específico de la partícula	$P_s$
Densidad del líquido	$p$
Tiempo de caída	$t_d$
Tiempo de retención	$a$
Superficie del desarenador	$Ad$
Capacidad del desarenador	$C$
Longitud	$L$
Ancho	$B$
Área efectiva	$A_e$
Viscosidad del líquido a 15°C	$u$

Profundidad	$P$
Altura critica	$h_c$
Velocidad	$v_1, v_2$
Velocidad media	$v_m$
Número de Froude	$F_1$
Longitud de resalto	$L_f$
Tiempo de mezcla	$tm$
Velocidad en los canales verticales	$vf_1$
Velocidad en cada paso	$vf_2$
Altura de paso	$P_2$
Radio hidráulico	$Rh$
Pérdidas de carga	$hf_1, hf_2$
Volúmen del tramo	$V_T$
Gradiente de velocidad	$G_1$
Superficie filtrante	$S_f$
Tasa de filtración	$Tf$
Área de filtración	$Af$
Diámetro tubería	$D$
Área de orificios	$A_o$
Caudal en orificios	$Q_o$
Número de compartimientos del floculador	$m$

## Contenido

Introducción .....	I
Antecedentes.....	XXII
Justificación .....	XXIV
Resumen .....	XXV
Summary .....	XXVI
Objetivos.....	XXVII
Marco teórico.....	1
1.1 Agua Potable.....	1
1.1.1 Aguas Subterráneas o Freáticos .....	1
1.1.2 Calidad del agua.....	2
1.1.3 Características del Agua Subterránea .....	3
1.1.4 Componentes Químicos .....	4
1.1.5 Componentes Físicos .....	6
1.2 Proceso de Potabilización de Aguas Subterráneas.....	7
1.2.1 Sistema de Captación.....	7
1.2.2 Captación de aguas subterráneas .....	7
1.2.3 Aducción.....	7
1.2.4 Aireación.....	8
1.2.5 Sedimentación .....	10
1.2.6 Coagulación.....	11



1.2.7	Floculación: .....	13
1.2.8	Filtración .....	15
1.2.9	Desinfección .....	17
1.3	Rediseño .....	19
1.3.1	Generalidades .....	19
1.3.2	Parámetros para el rediseño .....	19
1.3.3	Población Futura para el Rediseño.....	19
1.3.4	Periodos para rediseño.....	20
1.3.5	Aéreas de cobertura .....	20
1.3.6	Caudales para el rediseño.....	21
1.3.7	Caudales para el rediseño.....	25
1.3.8	Volúmenes de reserva.....	25
	CAPITULO II.....	27
2.1	Muestreo .....	27
2.1.1	Localización de la Investigación .....	27
2.1.2	Método de Recopilación de la Información.....	27
2.1.3	Recolección De Muestras.....	27
2.2	Metodología .....	28
2.2.1	metodología de trabajo .....	28
2.2.2	Tratamiento de muestras.....	28
2.2.3	Equipos materiales y reactivos .....	30

2.2.4	Métodos y Técnicas.....	30
2.3	Datos Experimentales .....	31
2.3.1	Determinacion del Estado Actual de la Planta.....	31
2.3.2	Datos .....	33
	CAPITULO III.....	43
	Calculos de Rediseño.....	43
3.1	Cálculo para la Población Futura .....	43
3.1.1	Cálculo dotación básica.....	44
3.1.2	Dotación futura .....	45
3.1.3	Gasto medio diario (Qmed.) .....	45
3.1.4	Gasto máximo diario (QMd).....	46
3.1.5	Gasto máximo horario (QMh) .....	46
3.2	Caudales para rediseño .....	47
3.2.1	Caudal de captación .....	47
3.2.2	Caudal de la Planta de Tratamiento. ....	47
3.3	Volúmenes de reserva .....	47
3.3.1	Volumen de regulación .....	47
3.3.2	Volumen contra incendios .....	47
3.3.3	Volumen de emergencia.....	48
3.4	Procesos de Potabilización .....	49
3.4.1	Aireación.....	49

3.4.2	Vertedero triangular .....	52
3.4.3	Desarenador .....	52
3.4.4	Floculación .....	57
3.4.5	Criterios de diseño del floculador vertical .....	62
3.4.6	Dimensionamiento de la unidad de floculación.....	62
3.4.7	Dimensionamiento de Filtros Lentos.....	67
3.4.8	Desinfección .....	74
3.5	Resultados .....	76
3.5.1	Proyeccion futura.....	76
3.5.2	Resultados procesos de potabilizacion.....	77
3.6	Propuesta.....	82
3.7	Analisis y Discusión de Resultados.....	83
3.7.1	Caracterización Físico-Química y Microbiológica .....	83
3.7.2	Pruebas de jarras .....	84
3.7.3	Caracterización físico-química del agua antes y después del tratamiento de potabilización .....	90
	CAPÍTULO IV .....	94
	Conclusiones y Recomendaciones.....	94
4.1	Conclusiones.....	94
4.2	Recomendaciones.....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	100

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1.....	43
Ecuación 3.2.....	44
Ecuación 3.3.....	45
Ecuación 3.4.....	45
Ecuación 3.5.....	46
Ecuación 3.6.....	46
Ecuación 3.7.....	47
Ecuación 3.8.....	47
Ecuación 3.9.....	47
Ecuación 3.10.....	47
Ecuación 3.11.....	48
Ecuación 3.12.....	48
Ecuación 3.13.....	49
Ecuación 3.14.....	50
Ecuación 3.15.....	51
Ecuación 3.16.....	52
Ecuación 3.17.....	52
Ecuación 3.18.....	54
Ecuación 3.19.....	54

Ecuación 3.20.....	54
Ecuación 3.21.....	55
Ecuación 3.22.....	55
Ecuación 3.23.....	55
Ecuación 3.24.....	55
Ecuación 3.25.....	56
Ecuación 3.26.....	56
Ecuación 3.27.....	57
Ecuación 3.28.....	57
Ecuación 3.29.....	58
Ecuación 3.30.....	58
Ecuación 3.31.....	59
Ecuación 3.32.....	59
Ecuación 3.33.....	60
Ecuación 3.34.....	60
Ecuación 3.35.....	60
Ecuación 3.36.....	61
Ecuación 3.37.....	61
Ecuación 3.38.....	61
Ecuación 3.39.....	61
Ecuación 3.40.....	62

Ecuación 3.41.....	62
Ecuación 3.42.....	63
Ecuación 3.43.....	63
Ecuación 3.44.....	63
Ecuación 3.45.....	64
Ecuación 3.46.....	64
Ecuación 3.47.....	64
Ecuación 3.48.....	65
Ecuación 3.49.....	65
Ecuación 3.50.....	65
Ecuación 3.51.....	65
Ecuación 3.52.....	66
Ecuación 3.53.....	66
Ecuación 3.54.....	66
Ecuación 3.55.....	67
Ecuación 3.56.....	67
Ecuación 3.57.....	68
Ecuación 3.58.....	69
Ecuación 3.59.....	70
Ecuación 3.60.....	70
Ecuación 3.61.....	72

Ecuación 3.62.....	72
Ecuación 3.63.....	72
Ecuación 3.64.....	73
Ecuación 3.65.....	73
Ecuación 3.66.....	73
Ecuación 3.67.....	74
Ecuación 3.68.....	75
Ecuación 3.69.....	75

## INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3.1 Pruebas de Jarras – Turbiedad 5,5 NTU .....	84
GRÁFICO 3.2 Pruebas de Jarras – Turbiedad 28,67 NTU.....	85
GRÁFICO 3.3 Pruebas de Jarras – Turbiedad 88,33 NTU.....	86
GRÁFICO 3.4 Pruebas de Jarras – Turbiedad 90,67 NTU.....	87
GRÁFICO 3.5 Pruebas de Jarras – Turbiedad 123,67 NTU.....	88
GRÁFICO 3.6 Pruebas de Jarras – Turbiedad 300 NTU .....	89



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Criterios de los Procesos de la Calidad de la Fuente .....	16
Tabla 1.2. Parámetros Recomendados .....	22
Tabla 2.1. Caracterización Físico-Química Sistema de Tratamiento de Agua Potable “Chaquishca” .....	34
Tabla 2.2 Caracterización Físico-Química Sistema de Tratamiento de Agua Potable “Chaquishca” .....	35
Tabla 2.3.Caracterización Físico-Química Sistema de Tratamiento de Agua Potable “Chaquishca” .....	36
Tabla 2.4.Caracterización Físico-Química Sistema de Tratamiento de Agua Potable “Chaquishca” .....	37
Tabla 2.5. Prueba de Jarras Turbiedad 5,5 Ntu .....	39
Tabla 2.6. Prueba de Jarras Turbiedad 28,6 Ntu .....	40
Tabla 2.7. Prueba de Jarras Turbiedad 88,33 Ntu .....	40
Tabla 2.8. Prueba de Jarras Turbiedad 90,67 Ntu .....	41
Tabla 2.9. Prueba de Jarras Turbiedad 123,67 Ntu .....	41
Tabla 2.10. Prueba de Jarras Turbiedad 300 Ntu .....	42
Tabla 3.1. Proyección de la Población .....	43
Tabla 3.2 Parámetros de Diseño del Aireador.....	51
Tabla 3.3. Parámetros de Diseño.....	53
Tabla 3.4. Parámetros de Diseño.....	62
Tabla 3.5. Parámetros de Diseño del Lecho Filtrante .....	68

Tabla 3.6. Número de Filtros En Función Del Área .....	69
Tabla 3.7. Parámetros de Diseño Para Drenajes Por Tuberías .....	71
Tabla 3.8. Parámetros de Diseños Laterales .....	71
Tabla 3.9. Resultados Proyeccion Futura (2027) .....	76
Tabla 3.10. Resultados Aireacion.....	77
Tabla 3.11. Resultados Desarenador .....	78
Tabla 3.12. Resultados Mezclador Rapido.....	79
Tabla 3.13. Resultados Floculador Vertical.....	80
Tabla 3.14. Resultados Filtros Lentos De Grava Y Arena .....	81
Tabla 3.15. Resultados Cámara De Cloracion .....	81
Tabla 3.16. Caracterización Muestra 1 .....	90
Tabla 3.17. Caracterización Muestra 5.....	91
Tabla 3.18. Caracterización Muestra 6.....	92

## INDICE DE FIGURAS

Figura a.- Aireadores de Bandejas Múltiples.....	9
Figura b.- Sistema de Coagulación Mezcla y Floculación .....	14
Figura c.- Torre de Aireación.....	32
Figura d.- Desarenador .....	32
Figura e.- Desinfección .....	33

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Métodos y Técnicas Utilizadas .....	105
ANEXO 2 Cantón Guaranda – Dotación Agua Potable .....	138
ANEXO 3 Solubilidades de los Gases a Diferentes Altitudes y Temperaturas	139
ANEXO 4 Características de los Materiales .....	140
ANEXO 5 Relación A/T – Porcentajes de Remoción .....	141
ANEXO 6 Valores Típicos del Coeficiente de Rugosidad .....	142
ANEXO 7 Caracterización Físico-Química .....	143
ANEXO 8 Caracterización Microbiológica .....	144
ANEXO 9 Pruebas de Jarras.....	145
ANEXO 10 Norma NTE INEN 1 108:2011 .....	146
ANEXO 11 Planos Planta Actual.....	151
ANEXO 12 Planos Propuesta.....	152

## INTRODUCCIÓN

El agua es una sustancia necesaria y vital para los seres vivos, no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud, por tal motivo antes de que el agua sea consumida, es necesario que sea tratada en una planta potabilizadora.

En la ciudad de Guaranda en la parroquia Guanujo se encuentra ubicada la planta de tratamiento de agua potable Chaquishca, en la cual se realizó esta investigación.

Teniendo en cuenta el crecimiento de la ciudad, las ampliaciones del sistema de agua potable, el cumplimiento del periodo del diseño, la falta del líquido vital en algunos sectores de la ciudad, la incorporación de la parroquia urbana de Guanujo dentro de la delimitación urbana de la ciudad de Guaranda, hacen que sea necesario la ampliación de la planta de tratamiento de agua potable de manera que se establezca los parámetros necesarios, a fin de corregir las falencias actuales como la presencia de color y turbiedad con valores sumamente elevados.

La presente investigación con la ayuda de la E.P.- EMAPA-G pretende rediseñar la planta de tratamiento de agua potable “Chaquishca”, con una proyección de 15 años, además incrementar la capacidad de tratamiento de la planta implementando nuevas estructuras en el sistema de tratamiento como la cámara de floculación de flujo vertical y los filtros de grava y arena atendiendo los problemas de turbiedad y color presentes en el agua captada, de este modo se conseguirá mejorar el abastecimiento y la calidad del suministro de agua potable cumpliendo con los requerimientos de la norma técnica NTE INEN 1108:2011.

## ANTECEDENTES

La ciudad de Guaranda cuenta con un servicio de Agua Potable a gravedad, abastecido por aguas subterráneas que afloran en distintos sitios del sector denominado el Arenal en las estribaciones del Chimborazo. El sistema fue diseñado por el Sistema Cooperativo Interamericano de Salud Pública, en el año de 1959, y actualizado y construido por el Instituto Ecuatoriano de Obras Públicas Sanitarias (IEOS), en el periodo de 1966-1968 por el Municipio de Guaranda en 1993, con base en el “Estudio de Ampliaciones del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Guaranda” preparado por CIDES Cia. Ltda.<sup>1</sup>

El Gobierno Municipal del Cantón Guaranda, mediante Ordenanza, en el año 2003, considerando que es necesario para este fin, crear una Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, con autonomía administrativa y económica y una estructura orgánica funcional que le permita una eficiente y ágil administración de sus operaciones, propicie la consecución de sus objetivos y garantice en forma óptima la prestación de servicios acorde a las necesidades actuales y futuras del cantón y en uso de la facultad que le conceden los artículos 64, numeral 1; y Art. 163 literales e y f, 194 y 198 de la Ley de Régimen Municipal Vigente, expide la Ordenanza de la Constitución de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda.<sup>2</sup>

La E.P - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, cuyas siglas E.P - EMAPA-G ejerce su acción en el cantón Guaranda, provincia de Bolívar y tiene como objetivo la prestación de los servicios de alcantarillado y agua potable. La empresa es responsable de la administración, planificación, diseño, construcción, control, operación y mantenimiento de los sistemas para producción, distribución y comercialización de agua potable; así como de la conducción, regulación y disposición final de las aguas residuales de la ciudad, con el fin de preservar la salud de los habitantes y el entorno ecológico y

---

<sup>1</sup><http://www.emapag.gov.ec/EMAPAG/ReseñaHistorica.aspx>

<sup>2</sup> Ibit, Pp.1

contribuir el mantenimiento de las fuentes hídricas del cantón Guaranda y obtener una rentabilidad social y económica en sus inversiones.

Con el crecimiento de nuevas urbanizaciones el gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda y su E.P-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, actualmente se encuentra ejecutando un plan maestro de agua potable en su primera etapa, lo que involucra el cambio de tubería de Asbesto Cemento por PVC de diámetro 250mm, mayor al que actualmente existe con la finalidad de aumentar el caudal de agua que ingresa para su potabilización y cubrir la demanda existente en la ciudad.

## JUSTIFICACIÓN

El constante desarrollo poblacional de la ciudad de Guaranda y la necesidad de ofrecer mayor suministro de agua potable con excelentes características a toda la población urbana del cantón, justifica la importancia del desarrollo de esta investigación, ya que la planta de tratamiento de agua potable “*CHAQUISHCA*” se encuentra funcionando a su máxima capacidad, y el caudal actualmente captado no ingresa totalmente en todos los procesos de tratamiento utilizándose by pass que se conectan directamente a los tanques de reservas con la finalidad de evitar el rebose de los componentes de potabilización.

La finalidad del presente trabajo es el rediseño del sistema de agua potable con la implementación de nuevas estructuras como filtros de grava y arena, floculadores, que aporten al mejoramiento, debido a la irregularidad del terreno por dónde viene el sistema de conducción en ocasiones existe taponamiento, reboses y roturas de la tubería que produce la presencia de contenidos altos de turbiedad en el agua cruda, sin existir procesos que permitan decantar y retener estos sólidos, a la vez de rediseñar la planta para satisfacer la demanda de los crecientes consumidores, mediante la captación de agua provenientes de nuevas fuentes contempladas en el Plan Maestro ejecutado por la E.P.- EMAPA-G, potabilizando agua que cumpla con la norma de calidad NTE INEN 1108, cuarta edición, que rigen en nuestro país.

Teniendo en cuenta estas consideraciones la E.P.- Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, apoya y facilita los estudios para el rediseño de la Planta de tratamiento de agua potable “*CHAQUISHCA*” mediante el diagnóstico del estado actual de la planta y poder establecer los posibles cambios e implementaciones al sistema de tratamiento.



## RESUMEN

El rediseño de la planta de tratamiento de agua potable “CHAQUISHCA” de la ciudad de Guaranda, ubicada en la parroquia Guanujo, auspiciada por la E.P.-EMAPA-G pretende rediseñar e implementar nuevas estructuras en el sistema de tratamiento para mejorar el suministro que se distribuye a la población y que presenta problemas de color y turbiedad.

Se utilizó el método experimental y analítico para realizar la investigación, se hicieron análisis físico – químicos en las muestras de agua captada, así como las pruebas necesarias para la dosificación de policloruro de aluminio.

Para la realización de los análisis físicos-químicos se utilizó equipos portátiles para la medición de color, y el espectrofotómetro para determinar la cantidad de los componentes presentes en el agua.

Los resultados obtenidos al final de esta investigación realizada en el laboratorio de la planta de tratamiento permitieron establecer que el rediseño contará con un caudal de tratamiento de  $0,182 \text{ m}^3/\text{s}$ , una proyección de 15 años de funcionamiento, además requiere un sistema de aireación que cuenta con 24 torres y 6 bandejas en cada torre, un sedimentador de  $380 \text{ m}^3$ , en el cual se retendrán las partículas de arena fina de  $0,150\text{mm}$  de diámetro con una velocidad de sedimentación de  $0,56 \text{ cm/s}$ , un sistema de floculación en el que se utiliza un canal de mezcla rápida con un tiempo de mezcla de  $1,08\text{s}$ ; y un floculador de flujo vertical de  $6,5\text{m}$  de longitud y  $3,5\text{m}$  de profundidad.

De la implementación de este sistema a través de las pruebas piloto se concluyó que con el tratamiento propuesto se obtienen valores de turbiedad, color y pH dentro de los establecidos en la norma NTE INEN 1 108: 2011.

Se recomienda la aplicación del estudio realizado para mejorar el sistema de tratamiento implementando los procesos de coagulación, floculación y filtración para mejorar el abastecimiento de agua a la población de la ciudad de Guaranda.

## SUMARY

The redesign of the treatment plant water "CHAQUISHCA" Guaranda city, located in the parish Guanujo, sponsored by the EP-EMAPA-G aims redesign and implement new structures in the treatment system to improve delivery to distributed to the population and that presents problems of color and turbidity.

Method was used for experimental and analytical research, analyzes were physical - chemical in samples of water collected, as well as the necessary evidence for dosing poly aluminum.

For the realization of the physical-chemical analysis was used for portable color measurement, and the spectrophotometer to determine the amount of the components present in the water.

The results at the end of this research in the laboratory of the treatment plant it was established that will redesign a treatment flow of  $0.182 \text{ m}^3 / \text{s}$ , a projection of 15 years of operation, and requires an aeration system that has 6 towers with trays 24 in each tower, a sedimentation of  $380 \text{ m}^3$ , which are retained in the fine sand particles of  $0.150 \text{ mm}$  diameter with a sedimentation rate of  $0.56 \text{ cm} / \text{s}$ , a flocculating system in the one channel is used for rapid mixing with a mixing time of  $1.08 \text{ s}$ , and a vertical flow flocculator  $6.5 \text{ m}$  long and  $3.5 \text{ m}$  deep. In the implementation of this system through the pilot concluded that the proposed treatment is obtained values of turbidity, color and pH within the norm established NTE INEN 1108: 2011.

We recommend the application of the study to improve the treatment system by implementing the coagulation, flocculation and filtration to improve water supply to the population of the city of Guaranda.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Realizar el rediseño de la planta de tratamiento de agua potable “CHAQUISHCA” de la ciudad de Guaranda.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar el estado actual de la planta de tratamiento de agua potable “CHAQUISHCA” de la ciudad de Guaranda.
- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del agua captada, potabilizada y distribuida.
- Identificar las variables del proceso para el diseño de la potabilización del agua.
- Rediseñar la Planta de tratamiento de agua potable “CHAQUISHCA” de la ciudad de Guaranda.
- Caracterizar el agua con el nuevo proceso.

# **CAPITULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1 AGUA POTABLE**

Es el agua cuyas características físicas, químicas, microbiológicas, han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.<sup>3</sup>

El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal, estas guías son también aplicables al agua envasada y al hielo destinado al consumo humano, no obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto, y para determinados usos farmacéuticos y de producción de alimentos. Puede ser preciso que las personas con inmunodeficiencia grave tomen precauciones adicionales, como hervir el agua, debido a su sensibilidad a microorganismos cuya presencia en el agua de bebida normalmente no sería preocupante

El agua es esencial para la vida y todos deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, salubre y accesible). La mejora del acceso a agua salubre puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. El agua potable, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.<sup>4</sup>

#### **1.1.1 Aguas Subterráneas o Freáticas**

Las aguas subterráneas o freáticas son aquellas que se acumulan bajo la tierra, almacenadas en los poros que existen en sedimentos como la arena y la grava, y en las fisuras que se encuentran en rocas. Constituyen el 97 por ciento de toda el agua dulce del planeta, excluyendo el agua contenida en los casquetes

---

<sup>3</sup> Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2010

<sup>4</sup> Guías de Calidad de Agua Potable. OPS. Tercera Edición. 2006

polares. Por lo menos 1.500 millones de habitantes en todo el mundo dependen de ella para su abastecimiento de agua potable, por lo que resulta un recurso fundamental para la vida humana y para el desarrollo económico.

Las aguas subterráneas se han convertido en un elemento de enorme importancia para la provisión de agua para uso humano en las zonas urbanas y rurales, tanto en países desarrollados como en desarrollo. Innumerables ciudades obtienen su suministro para uso doméstico e industrial de acuíferos a través de pozos municipales y privados.

Los agricultores que usan aguas subterráneas para irrigar sus cultivos durante la época seca son cada vez más. En las zonas más áridas, donde las precipitaciones son bajas y difícilmente pronosticables, el agua freática puede ser la única fuente de suministro para todos los tipos de actividad agrícola, incluso para abreviar al ganado. Sin embargo, los recursos de aguas subterráneas se encuentran actualmente bajo crecientes presiones a causa del rápido crecimiento de las poblaciones humanas, tanto por la demanda en constante aumento como por la carga contaminante sobre la superficie de tierra. Se están extrayendo cantidades de agua a ritmos insostenibles en muchas zonas, disminuyendo seriamente las reservas. Los contaminantes más comunes son el nitrato, la sal, los compuestos orgánicos solubles y, en ciertas condiciones, algunos patógenos fecales.

### **1.1.2 Calidad del agua**

La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal.<sup>5</sup>

La determinación de la calidad del agua depende del uso que se le va a dar, varios problemas de calidad del agua, incluidas la sedimentación, la

---

<sup>5</sup> <http://portal.educar.org/juancarlostincoangle/blog/lacalidaddelagua>

eutrofización y la contaminación por bacterias y sustancias tóxicas, han persistido durante décadas.

Los productos residuales de las actividades humanas, como las aguas residuales, escorrentías, emisiones industriales urbanas y contaminación atmosférica afectan la calidad del agua. De igual modo, las modificaciones al paisaje pueden socavar los procesos naturales de purificación del vital líquido a través de humedales e infiltración a los mantos freáticos.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas.

### **1.1.3 Características del Agua Subterránea**

El agua subterránea es un agua clara, incolora, con poca o ninguna sustancia en suspensión y tiene una temperatura relativamente constante. Estas características se atribuyen a la filtración y percolación lenta a través de las capas geológicas que atraviesa.

El agua en su camino hacia el acuífero viene de la lluvia con ciertas características adquiere otras en su trayecto de escorrentía y sigue transformándose en la infiltración, al llegar al acuífero tiene contacto con minerales de las rocas y seguirá transformándose lentamente. Los mecanismos que intervienen en la composición y evolución del agua son: la Disolución (de gases y sales) y el ataque químico (carbodisolución, hidrólisis, oxidación reducción, cambios de bases y reacciones bioquímicas). Por esta razón el agua subterránea presenta una mineralización elevada. En aguas subterráneas contaminadas pueden cambiar las características y concentración de los elementos presentes, también puede suceder en aguas no contaminadas que existan elementos presentes en mayores concentraciones a las aquí descritas

#### 1.1.4 Componentes Químicos

**Cuadro 1.1. Componentes Químicos**

Componente	Definición
<b>Dureza</b>	Es producida principalmente por el calcio y el magnesio y en menor cantidad por sales de hierro y manganeso
<b>Sólidos totales Disueltos</b>	Si contiene menos de 500ppm de sólidos disueltos se puede emplear en uso doméstico, aguas con más de 1000ppm de sólidos disueltos poseen sabor desagradable y no se utiliza para uso domestico.
<b>Calcio</b>	Su presencia en el agua subterránea es debida a la disolución de los carbonatos y sulfatos de calcio.
<b>Magnesio</b>	Su concentración en el agua subterránea es debida a la disolución de dolomías y numerosos silicatos que lo contienen, aguas del mar, intercambio catiónico, etc.
<b>Cloruro</b>	Su presencia en el agua subterránea se debe al agua marina atrapada en los sedimentos, a la disolución de evaporitas cloruradas o a la intrusión marina.
<b>Sulfato</b>	Es debido a la disolución de sulfatos como el yeso y la oxidación de sulfatos como el yeso y a la oxidación de sulfuros.

<b>Bicarbonato y carbonato</b>	Procede fundamentalmente de la disolución del CO <sub>2</sub> atmosférico, del suelo y de los carbonatos, esencialmente calizas y dolomías.
<b>Fluoruros</b>	Pueden proceder de algunos minerales que son típicos de rocas magmáticas. Las concentraciones mayores a los 1.5 mg/d pueden provocar fluorosis (enfermedad dental).
<b>Hierro</b>	Su determinación incluye sus dos estados de oxidación, precipita como óxido o hidróxido, también puede encontrarse formando parte de compuestos orgánicos.
<b>Manganeso</b>	Su determinación incluye sus estados de oxidación +2 y +3. Su valencia +4 sólo aparece en el óxido insoluble.
<b>Nitrato</b>	Su presencia en el agua subterránea se debe a la descomposición de la materia orgánica, a contaminación.
<b>Nitrito</b>	Su presencia se debe a la reducción de los nitratos por actividad bacteriana.
<b>Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y amoníaco disuelto (NH<sub>3</sub>)</b>	Su presencia es evidencia de contaminación y actividad bacteriana.
<b>Bario</b>	Es un oligoelemento presente en las rocas ígneas y sedimentarias
<b>Microorganismos</b>	Se pueden distinguir 2 tipos de microorganismos que pueden desarrollarse tanto en los suelos como en acuíferos, en ausencia de luz.



### 1.1.5 Componentes Físicos

**Cuadro 1.2. Componentes Físicos**

Componente	Definición
<b>Temperatura</b>	Por lo general poseen temperaturas muy poco variable y responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas, incrementando su temperatura a medida que se profundiza en valor aproximado de 1° C cada 33m a excepción de zonas tectónicas y volcánicas
<b>Color</b>	capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible, en general en el agua subterránea esta originado por materiales orgánicos de formaciones carbonosas
<b>Sabor</b>	Las aguas con más de 300ppm de Cl- tienen gusto salado, las que tienen mucho CO <sub>2</sub> libre tienen gusto picante y con más de 400 ppm de sulfatos tienen gusto salado y amargo.
<b>Turbidez</b>	Se atribuyen a material en suspensión y en estado coloidal que impide la penetración de la luz, la turbidez puede ser ocasionada por microorganismos o por sustancias minerales que incluyen compuestos de zinc, hierro o manganeso.

\*Fuente: Autor

## **1.2 PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

### **1.2.1 Sistema de Captación**

Un sistema de abastecimiento de agua está formado esencialmente por: la fuente de agua y su obra de captación, obras de conducción o transporte, almacenamiento, tratamiento y distribución.

Las fuentes de abastecimiento por lo general deben ser permanentes y suficientes, cuando no son suficientes se busca la combinación de otras fuentes de abastecimiento para suplir la demanda o es necesario su regulación. En cuanto a su presentación en la naturaleza, pueden ser fuentes superficiales (ríos, lagos, mar) o subterráneas acuíferos).

### **1.2.2 Captación de aguas subterráneas**

El Acuífero es una formación geológica que permite almacenar y transportar agua y adicionalmente permite al hombre aprovechar el agua para cubrir sus necesidades.

Una de las clasificaciones más importantes para los acuíferos es la que lo agrupa de acuerdo a la presión hidrostática del agua contenida en los mismos.

Acuíferos Libres, no confinados ó freáticos: aquellos acuíferos en los cuales existe una superficie libre del agua encerrada en ellos que está en contacto directo con el aire y por lo tanto a presión atmosférica más la presión hidrostática a medida que se profundiza en él. Debido a que la densidad del agua es de  $1\text{g/cm}^3$  la presión de fluidos aumentará  $1\text{ Kg/cm}^2$  por cada 10 metros de profundidad. Se le llama nivel freático al nivel en que se encuentra la superficie del agua.

### **1.2.3 Aducción**

Al proceso de conducir el agua desde su captación a la planta de tratamiento, se le denomina aducción. Un sistema de aducción se caracteriza por contener un conjunto de elementos que pueden ser tuberías, canales, túneles y otros

dispositivos que permitan el transporte de agua desde el punto de captación hasta un tanque de almacenamiento o planta de tratamiento o si las condiciones son buenas hasta el primer punto antes de la distribución de agua en la red.

#### **1.2.3.1 Conducción por gravedad (Acueductos, canales)**

El agua circula por la propia pendiente de la conducción desde el punto de toma, que tendrá más cota o altura, hasta el punto de entrada.

#### **1.2.3.2 Conducción forzada (Tuberías)**

Se utilizan cuando el punto de toma esta situado a una cota más baja que la entrada en la planta para salvar la diferencia de alturas, se emplean grupos de bombeo. Para soportar la presión de trabajo se dimensionan con materiales resistentes bien de chapas de acero o de hormigos reforzado con camisas de chapa.

#### **1.2.4 Aireación**

Se la practica en el tratamiento de agua por tres razones:

- Para introducir oxígeno del aire
- Para dejar que escapen los gases disueltos como el bióxido de carbono y el ácido sulfúrico.
- Eliminar las sustancias volátiles que causan olor y sabor.
- Remover el metano ( $\text{CH}_4$ ).
- Oxidar hierro (Fe) y manganeso (Mn).

Los sistemas de aireación más difundidos por su fácil operación y mantenimiento son:

- Aireadores de bandejas
- Aireadores de cascada

En la aireación debe ponerse en contacto el agua cruda con el aire, con el propósito de modificar la concentración de sustancias volátiles contenidas en ella.

Para diferentes presiones y temperaturas, la concentración de saturación del oxígeno y la del  $\text{CO}_2$  es la mostrada en el Anexo 1.

#### **1.2.4.1 Aireadores de bandejas Múltiples**

Un aireador de bandeja múltiple consiste en una serie de bandejas equipadas con ranuras, fondos perforados o mallas de alambre sobre las cuales se distribuye el agua y se deja caer a un tanque receptor en la base.



**Figura a- Aireadores de Bandejas Múltiples**

En muchos aireadores de bandeja se coloca medio grueso de 5 a 15cm de espesor, para mejorar la eficiencia del intercambio de gases y la distribución del agua.

Las bandejas de carbón coque consisten en una serie de superficies de 0.5 x 0.4 m con un lecho de coque de espesor de 0.15 m. conformado por partículas de 0.05 a 0.15 m. sobre las cuales se vierte el agua cruda. Tal que se genere una capa de aproximadamente 0.15 m. Lo que allí se genera es una caída del

agua de bandeja a bandeja y por ende una aireación con la añadida capacidad del carbón para absorber y adsorber metales pesados como el hierro y el manganeso.

### **1.2.5 Sedimentación**

La Sedimentación tiene por objetivo la retención, en corto tiempo, de los sólidos más pesados que se encuentran en el agua, como arena, grava, lodo y adicionalmente los sólidos flotantes (basuras). El propósito es reducir el volumen de sólidos que ingresan a la planta, eliminar interferencias en los procesos y operaciones siguientes y evitar daños u obstrucciones en tuberías y equipos. Con la Sedimentación baja la turbiedad del agua y así empieza la clarificación del agua. Son muchos los factores que influyen en este proceso pero las principales son los que se exponer a continuación:

- Tamaño y peso de las partículas.
- Resistencia a la fricción del agua.
- Profundidad del estanque.
- Sistema de entrada y de salida del agua.
- Métodos de operación en el decantador.
- Tiempo de retención.

#### **1.2.5.1 Sedimentador**

El sedimentador es un tanque construido en concreto o ladrillo, de forma alargada o rectangular, en el cual se puede sedimentar la arena, grava y otras partículas finas que pueda tener el agua.

El sedimentador tiene cuatro zonas que son:

1. Una cámara de aquietamiento, en ella se reduce la velocidad que trae el agua a través de la conducción.
2. Una zona de sedimentación, en donde las partículas pueden llegar al fondo del desarenador y sedimentarse allí.
3. Una zona de salida.

4. Una zona de depósito que consiste en una tubería y un canal por el cual se evacua o purga material sedimentado.

#### Actividades de operación

La rutina de operación comprende las siguientes actividades:

- Regulación del caudal de entrada.
- Purga de lodos.
- Retiro de material flotante.

### 1.2.6 Coagulación

Es la acción de congregar la materia suspendida en el agua, mediante la adición de un coagulante. Consiste también en la dispersión completa del coagulante (sulfato de aluminio u otra sustancia coagulante), teniendo como requisito el pH óptimo de coagulación.

El tiempo es otro de los requisitos para que se efectúe la reacción química.

#### 1.2.6.1 Principales factores que influyen en la coagulación

En el proceso de coagulación influyen un conjunto de factores, los principales son:

**Cuadro 1. 3. Factores que influyen en la coagulación**

Características del agua	Características de las sustancias químicas
<b>Turbiedad</b> <b>Alcalinidad</b> <b>pH</b> <b>Color</b>	Tipo de sustancia Cantidad. Si la cantidad es exacta altera la coagulación Concentración de la solución

\* Fuente: Autor

El coagulante debe distribuirse de manera uniforme en toda la masa de agua, para que la mezcla se realice en una forma completa sin que se den volúmenes de agua sin él. Para que este resultado se obtenga, el coagulante tiene que ser

aplicado en una zona de gran turbulencia. A esta zona le denomina mezcla rápida.

La coagulación se utiliza en las aguas crudas naturales que contienen dos tipos de sólidos no sedimentables: suspendidos y disueltos. Los sólidos suspendidos incluyen limo fino, bacterias, partículas causantes de turbiedad, etc. Los cuales no sedimentan en períodos razonables y su efecto global se traduce en el color y turbiedad de aguas sedimentadas sin coagulación. Los sólidos disueltos, materia orgánica e inorgánica son invisibles separadamente, pero generalmente causan diferentes problemas de olor, color y sabor, a menos que sean precipitados y removidos mediante métodos físicos y químicos.

El proceso de coagulación se utiliza para disminuir y eliminar del agua:

- El color
- La turbiedad
- Las bacterias
- Los virus
- Las algas
- Otras partículas que se remueven con el coagulante

Los términos Coagulación y Floculación se utilizan ambos indistintamente en colación con la formación de agregados. Sin embargo, conviene señalar las diferencias conceptuales entre estas dos operaciones. La confusión proviene del hecho de que frecuentemente ambas operaciones se producen de manera simultánea. Para aclarar ideas definiremos Coagulación como la desestabilización de la suspensión coloidal, mientras que la Floculación se limita a los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración.

#### **1.2.6.1.1 Policloruro de Aluminio**

Es un coagulante inorgánico líquido base, indicado principalmente para remover materia coloreada y coloidal en suspensión en sistemas acuosos, plantas potabilizadoras de agua, afluentes y plantas de tratamiento de efluentes

líquidos industriales, como reemplazo de sulfato de aluminio, cloruro férrico y otras sales inorgánicas.

Se obtienen por reacción entre el hidrato de aluminio con ácido clorhídrico en determinadas condiciones de presión, temperatura y tiempo, obteniéndose unos productos polimerizados que contienen especies polinucleares de alta cationicidad, que dan lugar a rápidas reacciones de hidrólisis al reaccionar con la materia en suspensión presente en el agua a tratar. Esto los hace especialmente válidos en procesos de coagulación de alta turbidez, alta viscosidad del agua, bajas temperaturas o en aguas de baja alcalinidad.

#### **1.2.6.1.2 Floculantes sólidos aniónicos. (Auxiliares)**

Los floculantes sólidos aniónicos, se utilizan diluidos en agua como agentes para la floculación, eliminación de materia en suspensión y clarificación por decantación

##### **Propiedades:**

- Son principalmente agentes de floculación orgánicos, sintéticos, de distinto peso molecular y carga.
- Son mayoritariamente copolímeros de acrilamidas con partes de acrilato, que entregan cargas negativas y le confieren, por lo tanto, a los polímeros en disolución un carácter aniónico.
- Actúan como agentes poliméricos de floculación y son capaces de flocular sólidos, coloides e hidróxidos.
- Los sólidos en estado floculado se pueden separar completamente del agua envolvente y decantan con rapidez.

#### **1.2.7 Floculación:**

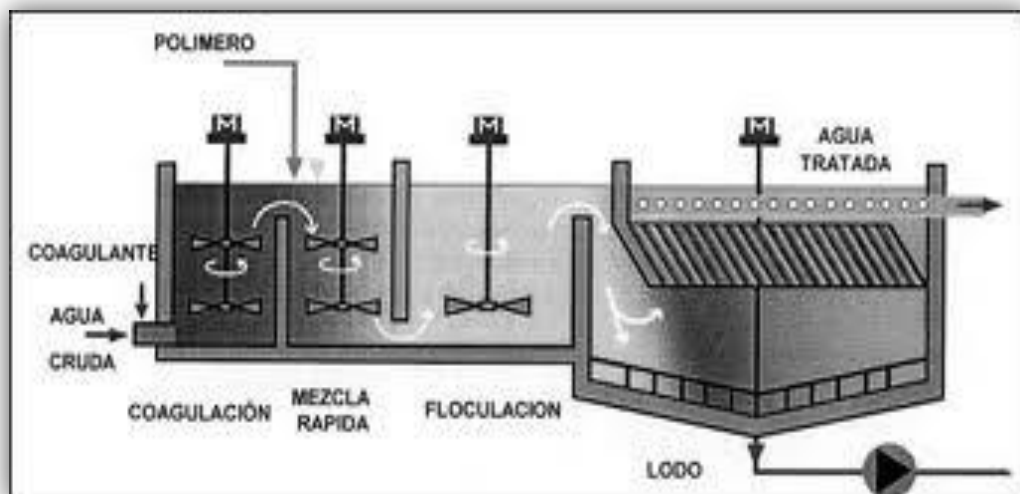
Aglomeración de partículas desestabilizadas partículas desestabilizadas primero en microflóculos, y más tarde en aglomerados voluminosos llamados flóculos.



En los floculadores, los micro-flóculos formados en el proceso de coagulación se aglutinan formando flóculos, los que deben adquirir un tamaño y densidad adecuados al proceso de remoción que sigue: clarificación por sedimentación o por flotación y/o filtración. Al contrario de lo requerido para la sedimentación, en los procesos de flotación y filtración directa no es deseable la formación de flóculos voluminosos. La formación de los flóculos depende de la permanencia y de la cantidad de energía aplicada (gradiente de velocidad) en los floculadores.

La energía aplicada para la floculación puede ser entregada, como en la mezcla rápida, por medios hidráulicos, mecánicos y/o neumáticos. La diferencia se caracteriza por la intensidad del gradiente que en la floculación es mucho menor.

No obstante que la floculación como una ayuda a la sedimentación y filtración, se viene practicando hace siglos, fue durante el siglo XX que se incorporó suficiente conocimiento sobre el proceso, particularmente con los trabajos de Smoluchowski, Camp, Hudson y Kaufman, entre otros, permitiendo el proyecto racional de las unidades de floculación con el desarrollo de la teoría de la cinética de la floculación.



**Figura b- Sistema de Coagulación Mezcla y Floculación**

### **1.2.8 Filtración**

Una de las primeras técnicas aplicadas para la depuración de las aguas fue la de filtros lentos de arena. Por medio de su utilización, es posible eliminar impurezas existentes y reducir drásticamente la cantidad de personas padeciendo enfermedades como el cólera.

De esta forma, aquellas aguas que tengan un aspecto turbio, podrán ser pasadas por materiales filtrantes y lograr mediante ese proceso mejores condiciones. En estos filtros, se desarrollan bacterias colaboradoras útiles para la eliminación de parásitos causantes de enfermedades que podrían tener las aguas turbias a filtrar.

**Los elementos que intervienen en la filtración son:**

- Un medio filtrante
- Un fluido con sólidos en suspensión
- Una fuerza, una diferencia de presión que obligue al fluido a avanzar
- Un dispositivo mecánico, llamado filtro que sostiene el medio filtrante, contiene el fluido y permite la aplicación de la fuerza

#### **1.2.8.1 Elección del tipo de filtración**

La elección se realizó de acuerdo a los manuales técnicos reconocidos nacional e internacionalmente, entre los diversos tipos de filtración sobre soporte y la filtración sobre lecho filtrante, depende de diversos criterios:

- Características del líquido a filtrar, de sus impurezas y de su evolución con el tiempo;
- Calidad del filtrado que debe obtenerse y tolerancias admitidas;
- Calidad del aglomerado de las materias retenidas, si se tiene como fin su recuperación;
- Condiciones de instalación;
- Posibilidades y medios disponibles para el lavado.

Las diversas soluciones se diferenciarán en los gastos de instalación y en los gastos de explotación, estando éstos, además, relacionados con las condiciones del líquido a filtrar, la forma de lavado, el grado de automatismo y de control, etc.

En la elección de un filtro es tan importante la posibilidad de un lavado fácil, eficaz y económico, como la obtención de la mejor calidad de agua filtrada, ya que esta última sólo se obtendrá, de forma constante, si el lavado mantiene siempre intacto el material filtrante.

**TABLA 1.1. CRITERIOS DE LOS PROCESOS DE LA CALIDAD DE LA FUENTE**

Alternativas	Límites de Calidad del Agua Cruda Aceptables		
	90% del Tiempo	80% del Tiempo	Esporádicamente
<b>Filtro lento de arena (FLA) solamente</b>	To < 50 UNT Co < 50 UC Cf < $(10)^4/100$ ml	To < 20 UNT Co < 40 UC	To max < 100 UNT
<b>Filtro lento de arena (FLA) + Prefiltro de grava(PG)</b>	To < 100 UNT Co < 60 UC Cf < $(10)^4/100$ ml	To < 60 UNT Co < 40 UC	To max < 150 UNT
<b>Filtro lento de arena (FLA) + Prefiltro de grava(PG) + Sedimentador (S)</b>	To < 300 UNT Co < 60 UC Cf < $(10)^4/100$ ml	To < 200 UNT Co < 40 UC	To max < 500 UNT
<b>Filtro lento de arena (FLA) + Prefiltro de grava(PG) + Sedimentador (S) + Presedimentador</b>	To < 500 UNT Co < 60 UC Cf < $(10)^4/100$ ml	To < 200 UNT Co < 40 UC	To max < 1000 UNT

\*Fuente: Manual Técnico del Agua, Degremont

### **1.2.8.2 Atascamiento y lavado del material filtrante**

Se denomina atascamiento a la obstrucción progresiva de los intersticios del material filtrante.

Si la presión de alimentación es constante, el caudal del filtrado disminuye. Para mantener este caudal constante, deberá aumentarse la presión inicial, a medida que se vaya produciendo el atascamiento.

La velocidad de atascamiento depende:

- De las materias que se retienen: es tanto mayor cuanto más cargado está el líquido de materias en suspensión y cuanto mayor es la cohesión de estas materias y su capacidad de proliferación;
- De la velocidad de filtración.
- De las características del elemento filtrante: dimensión de los poros, homogeneidad, rugosidad, formas del material.

Los filtros, a medida que su lecho se va cargando de materias retenidas, se atasca. Cuando el atascamiento alcanza un valor excesivo o la calidad del filtrado no es aceptable, debe procederse al lavado del lecho filtrante. El tiempo que transcurre entre dos lavados sucesivos se denomina “carrera del filtro”.

Es indispensable que, con este lavado, se devuelvan al lecho sus cualidades iniciales, sin las cuales, el filtro iría perdiendo eficacia y el material filtrante debería retirarse para su limpieza completa o para ser reemplazado.

### **1.2.9 Desinfección**

La calidad microbiológica del agua potable se puede mejorar considerablemente protegiendo la fuente y tratando el agua cruda, en particular si se emplea el filtrado lento de arena. Sin embargo en los casos en los que las aguas crudas no son de buena calidad, es indispensable aplicar alguna forma de desinfección para poder tener la seguridad de que el agua es inocua desde el punto de vista microbiológico.

Los métodos de desinfección pueden ser físicos o químicos.

Entre los métodos químicos figura:

- La adición de ozono y más comúnmente,
- El cloro y sus derivados

El Ozono constituye la tercera alternativa tras el cloro y el dióxido de cloro. La aplicación de ozono también requiere de aplicación in situ debido a su inestabilidad.<sup>6</sup>

El cloro es un agente oxidante que reacciona rápidamente con la materia orgánica e inorgánica.<sup>7</sup> La acción microbicida del cloro como algicida, bactericida y en menor medida virucida, y la capacidad de mejorar los procesos de coagulación y floculación, ya que favorece la formación de flóculos.

El cloro ( $\text{Cl}_2$ ) es un gas tóxico, más denso que el aire, de color verde amarillento. Es un producto muy oxidante que reacciona con muchísimos compuestos. En presencia de humedad es extremadamente corrosivo y por ello los conductos y los materiales en contacto con él han de ser de aleaciones especiales.

El hipoclorito cálcico ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ) es un sólido blanco con contenido entre el 20 y el 70% de cloro activo. Es muy corrosivo y que puede inflamarse al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos. Sin embargo, presenta dos ventajas respecto al hipoclorito sódico: su mayor contenido en cloro y su mayor estabilidad. Para ser utilizado, se diluye con agua para obtener una solución de concentración más manejable, por ejemplo, 2%.

---

<sup>6</sup> American Water Works Association. Calidad Y Tratamiento Del Agua. 2002 1era Edición. Editorial McGraw-Hill. España. Pp 10

<sup>7</sup> Guía Para La Vigilancia De La Calidad Del Agua Para Su Consumo Humano. Ricardo Rojas/ CEPIS. 2002. Pp 54-55

### **1.3 REDISEÑO**

El rediseño del sistema de tratamiento tiene como finalidad mejorar el sistema actual, la optimización de las diferentes variables existentes para mejorar la calidad y producir agua que cumpla con las normas de calidad NTE1 108:2011.

#### **1.3.1 Generalidades**

Es necesario lograr una integración de los procesos de tratamiento de agua con la rentabilidad económica y lograr satisfacer los requerimientos de calidad del agua potable.

En fuentes subterráneas la captación debe localizarse en tal forma que provea una adecuada protección contra cualquier fuente de contaminación.

La capacidad normal de diseño de una planta va a ser mayor que la demanda máxima diaria proyectada al periodo de diseño, que en este caso será para 15 años. Además es necesario que la planta de tratamiento pueda operar continuamente con uno o más servicios de mantenimiento.

Las especificaciones de construcción deben garantizar una construcción económica pero durable, tomando en cuenta que los sistemas de tratamiento son usados por muchos años.

#### **1.3.2 Parámetros para el rediseño**

Los parámetros para el rediseño deben estar bien definidos en el desarrollo de todas las actividades:

#### **1.3.3 Población Futura para el Rediseño**

Para la población futura para el rediseño vamos a adoptar el criterio más adecuado para determinar la población futura, tomando en cuenta para ello datos censales que refleje el crecimiento poblacional, los que serán debidamente sustentados.

Deberá proyectarse la población para un periodo de 15 años.

#### **1.3.4 Periodos para rediseño**

Los periodos de diseño de los diferentes componentes del sistema se determinarán considerando los siguientes factores:

- Vida útil de las estructuras y equipos.
- Grado de dificultad para realizar la ampliación de la infraestructura.
- Crecimiento poblacional.
- Economía de escala.

Los periodos para el rediseño máximos recomendables, son los siguientes

- Capacidad de las fuentes de abastecimiento: 15 años
- Obras de captación: 15 años
- Pozos: 15 años
- Plantas de tratamiento de agua de consumo humano, reservorio: 20 años.
- Tuberías de conducción, impulsión, distribución: 15años
- Equipos de bombeo: 10 años
- Caseta de bombeo: 15 años

El sistema de agua potable se ha proyectado para satisfacer las necesidades de una población en estudio durante un lapso de tiempo de 15 años, denominado periodo de diseño, lo suficientemente amplio para solucionar las necesidades de servicio, pero que a la vez no represente grandes inversiones iniciales que imposibiliten su ejecución.

#### **1.3.5 Áreas de cobertura**

El área de cobertura actual en la ciudad de Guaranda es del 90%, en el sector urbano, determinándose según la caracterización efectuada por la EP.-EMAPA-G, para la facturación, brindando el servicio a 5781 usuarios.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Dirección de Comercialización EP.-EMAPA-G

### 1.3.6 Caudales para el rediseño

#### 1.3.6.1 Población Actual

De acuerdo al Censo de Población, realizado el 28 de Noviembre del 2010, por el INEC, la ciudad de Guaranda cuenta con 23 874 habitantes, con un índice de crecimiento intercensal de 1.419%

#### 1.3.6.2 Población Futura

Para el cálculo de la población futura se utiliza el método de crecimiento geométrico, dado que la aplicación de este método supone que la población aumenta constantemente en una cifra proporcional a su volumen cambiante.

Para obtener la población futura se aplica al último dato poblacional, que se tenga, la fórmula del interés compuesto manteniendo constante la misma tasa anual de crecimiento del periodo anterior, y es aplicado para las poblaciones con habitantes mayores a 10 000.

$$Nt = No (1 + r)^t$$

**Donde:**

**No:** Población al inicio del período.

**Nt:** Población futura, resultado de la proyección.

**r:** Tasa media anual de crecimiento.

**t:** Número de años que se va a proyectar la población.

#### 1.3.6.3 Dotación básica

Se define como dotación a las cantidades de agua diariamente consumidas en las poblaciones.

Las dotaciones se suelen expresar en litros/ habitantes/ día y recibir el nombre de consumo.



Es la cantidad de agua que se asigna a cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual y se expresa de la siguiente manera:

$$DB = \frac{Vac}{Tus}$$

**Donde:**

**DB:** Dotación básica

**Vac:** Volumen de agua consumida

**Tus:** Total de usuarios servidos

Se debe tener en cuenta que cada usuario representa a 5 habitantes.

#### 1.3.6.4 Dotación de agua

Esta es la revisión del consumo futuro, en el cual influyen muchos factores como el clima, tamaño de la ciudad, grado de industrialización que influye en la demanda de agua, para lo cual la OMS recomienda los siguientes parámetros.

**Tabla 1.2. PARÁMETROS RECOMENDADOS**

Población (Habitantes)	Clima	
	Frío	Cálido
2 000- 10 000	120	150
<b>10 000- 50 000</b>	<b>150</b>	200
50 000	200	250

\*Fuente: Organización Mundial de la Salud

#### 1.3.6.5 Dotación futura

Para obtener la Dotación futura se debe multiplicar la dotación Básica (DB) por un factor de mayorización (FM) que incluye los consumos comerciales, institucionales e industriales.

El Factor de Mayorización recomendado por la E.P.- EMAPA-G es de: 1,18

$$DF = 1,18 * DB$$

**Donde:**

**FM:** Factor de Mayorización.

**DB:** Dotación Básica.

#### 1.3.6.6 Gasto medio diario (Qmed.)

El gasto medio es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de la población en un día de consumo promedio.

La expresión que define el gasto medio es la siguiente:

$$Q_{med} = \frac{P.D.}{86,400}$$

**Donde:**

**Qmed:** Gasto medio diario, en L/s

**P:** Número de habitantes, hab.

**D:** Dotación, en L/hab/día

**86,400:** Segundos/día, s/d

#### 1.3.6.7 Gasto máximo diario (QMd).

Este gasto también se utiliza para calcular el volumen de extracción diaria de la fuente de abastecimiento, el equipo de bombeo, la conducción y el tanque de regularización y almacenamiento.

Este gasto se obtiene como:

$$QMd = k * Qmed$$

**Donde:**

**QMd:** Gasto máximo diario, en L/s

**K:** Coeficiente de variación diaria, adimensional (1,3 según la E.P.-EMAPA-G)

**Qmed:** Gasto medio diario, en L/s

#### 1.3.6.8 Gasto máximo horario (QMh).

El gasto máximo horario, es el requerido para satisfacer las necesidades de la población en el día de máximo consumo y a la hora de máximo consumo.

Este gasto se utiliza, para calcular las redes de distribución, en algunos casos se utiliza también para líneas de conducción, y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$QMh = K * QMd$$

**Donde:**

**QMh:** Gasto máximo horario, en L/s

**K:** Coeficiente de variación horaria, adimensional (1,6 según la E.P.-EMAPA-G)

**QMd:** Gasto máximo diario, en L/s

### 1.3.7 Caudales para el rediseño

El dimensionamiento de la red de abastecimiento debe efectuarse para garantizar un suficiente suministro en cualquier circunstancia hay que tener en cuenta el caudal de captación, de conducción los volúmenes de reserva.

#### 1.3.7.1 Caudal de captación

La estructura de la captación se la diseñará con una capacidad equivalente a 1,5 veces el gasto máximo diario ( $QMd$ )<sup>9</sup>, del mismo modo se lo utilizará como el caudal de conducción ( $Qconducción$ )

$$Q_{captación} = 1,5 * QMd$$

#### 1.3.7.2 Caudal de la Planta de Tratamiento.

La planta de tratamiento se diseñará para un caudal equivalente a 1,10 veces el caudal máximo diario ( $QMd$ )<sup>10</sup>

$$Q_{tratamiento} = 1,10 * QMd$$

### 1.3.8 Volúmenes de reserva

El tanque se dimensiona en base al consumo medio diario y la ley de las demandas de la ciudad, además se debe contemplar en el dimensionamiento un volumen extra de almacenamiento para cubrir cualquier demanda de emergencia, que por sugerencia de la E.P.-EMAPA-G será de un 25%, el volumen de reserva estará compuesto de volumen de regulación, volumen de emergencia y volumen contra incendios.

#### 1.3.8.1 Volumen de regulación

Es el volumen necesario para regular las *aguas* de acuerdo con los objetivos. Se calcula con la siguiente fórmula:

---

<sup>9</sup> CORPCONSUL CIA. LTDA. Estudio de mejoramiento de Agua Potable

<sup>10</sup> CORPCONSUL CIA. LTDA. Estudio de mejoramiento de Agua Potable

$$Vr = 0,25 * Qmd$$

**Donde:**

**Vr:** Volumen de regulación en m<sup>3</sup>

**Qmd:** Caudal medio diario.

### **1.3.8.2 Volumen contra incendios**

Las dotaciones que se deben considerar en la extinción de incendios se establecen en función de la acumulación de materiales combustibles que se produzcan en las diferentes áreas de los asentamientos urbanos. Se recomienda que el caudal contra incendios necesario, sea obtenido con la siguiente expresión.<sup>11</sup>

$$Vi = 100 * \sqrt{p}$$

**Donde:**

**p:** Población en miles.

### **1.3.8.3 Volumen de emergencia**

Para las poblaciones mayores a 5000 habitantes, se tomará el 25% del volumen de regulación como volumen para cubrir situaciones de emergencia.

$$Ve = 0,25 * Vr$$

### **1.3.8.4 Volumen total**

El volumen total de almacenamiento se obtendrá al sumar los volúmenes de regulación, emergencia y el volumen para incendios

$$Vt = Vr + Vi + Ve$$

---

<sup>11</sup>Ingeniería sanitaria. Talarico Carlos A. Buenos Aires. 2003.

## **CAPITULO II**

### **PARTE EXPERIMENTAL**

#### **2.1 MUESTREO**

##### **2.1.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El Rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua potable “CHAQUISHCA” se desarrolló en la planta de Agua Potable, ubicada en la parroquia de Guanujo de la ciudad de Guaranda, provincia de Bolívar.

##### **2.1.2 MÉTODO DE RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Para la presente investigación se utilizó un método comparativo, para ello se relacionó los datos de la caracterización actual del agua en los distintos procesos, la captación, el proceso de potabilización, y en la distribución, lo que nos permitió diagnosticar el estado actual de la planta.

##### **2.1.3 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS**

La toma de muestras se las efectuó de acuerdo al cronograma acordado con el Jefe de la Planta de Agua Potable, e inmediatamente se las trasladará al laboratorio de la planta “Chaquishca” donde se ejecutó el análisis de las muestras, evitando que se alteren las características físico- químicas, microbiológicas. Se tomaron dos muestras de cada proceso, captación y potabilización, tres días a la semana, estas muestras fueron etiquetadas de la siguiente manera:

**Cuadro 2.1. Denominación de Muestras**

Etapa del Proceso	Denominación
<b>Captación</b>	1C Torre de Aireación 2C By - Pass
<b>Potabilización</b>	1P Tanque Clorador 2P Tanques Almacenamiento

\* Fuente: Autor

## **2.2 METODOLOGÍA**

### **2.2.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Se trabajó con muestras diarias de agua cruda, durante tres días a la semana, a estas muestras se realizó la caracterización físico-química y microbiológica, que consta de 33 parámetros.

### **2.2.2 TRATAMIENTO DE MUESTRAS**

Se tomó 3 muestras semanales de los diferentes puntos de muestreo, en las que se realizó la caracterización físico-química y microbiológica que consta de 33 parámetros especificados en el siguiente cuadro:

**Cuadro 2.1. Parámetros de Caracterización del Agua Potable**

No	PARÁMETRO	UNIDAD
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>		
<b>1</b>	Color	UCV
<b>2</b>	Turbiedad	NTU
<b>3</b>	Olor	---
<b>4</b>	Sabor	---
<b>5</b>	pH	---
<b>6</b>	Sólidos Totales Disueltos	mg/L
<b>SUSTANCIAS INORGANICAS</b>		
<b>7</b>	Aluminio	mg/L

<b>8/9</b>	Amonio (Salicilico / Nessler)	mg/L
<b>10</b>	Bario	mg/L
<b>11</b>	Bromo	mg/L
<b>12</b>	Cianuro	mg/L
<b>13</b>	Cloruros	mg/L
<b>14</b>	Cobalto	mg/L
<b>15</b>	Cobre	mg/L
<b>16</b>	Cromo IV	mg/L
<b>17</b>	Cromo Total	mg/L
<b>18</b>	Dureza	mg/L
<b>19</b>	Fluoruros	mg/L
<b>20</b>	Fosfatos	mg/L
<b>21</b>	Hierro	mg/L
<b>22</b>	Manganeso	mg/L
<b>23</b>	Molibdeno	mg/L
<b>24</b>	Niquel	mg/L
<b>25</b>	Nitratos	mg/L
<b>26</b>	Nitritos	mg/L
<b>27</b>	Plata	mg/L
<b>28</b>	Plomo	mg/L
<b>29</b>	Sulfatos	mg/L
<b>30</b>	Zinc	mg/L
<b>31</b>	Trihalometanos	mg/L
<b>Microbiológicos</b>		
<b>32</b>	Coliformes totales	NMP/100ml
<b>33</b>	Coliformes fecales	NMP/100ml

\*Fuente: Norma INEN 1108: 2011, Segunda Edición.



### 2.2.3 EQUIPOS MATERIALES Y REACTIVOS

**Cuadro 2.2. Equipos Materiales y Reactivos**

EQUIPOS	MATERIALES	REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Balanza Analítica</li><li>• Baño María</li><li>• Colorímetro</li><li>• Conductímetro</li><li>• Equipo de Jarras</li><li>• Espectrofotómetro HACH</li><li>• Estufa</li><li>• Fotómetro</li><li>• Incubadora</li><li>• pH-metro</li><li>• Reverbero</li><li>• Turbidímetro</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Buretas</li><li>• Erlenmeyer</li><li>• Film protector</li><li>• Peras</li><li>• Pinzas</li><li>• Pipetas</li><li>• Probetas</li><li>• Tubos de ensayo</li><li>• Vasos de precipitación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reactivos HACH</li><li>• Indicadores PAN</li><li>• Solución EDTA</li><li>• Solución Buffer</li><li>• Agua Destilada</li><li>• Soluciones amortiguadoras de pH4, Ph7</li><li>• Colorante negro de Eriocromo T (indicador)</li><li>• Ampollas m-ColiBlue24® Broth</li><li>• Ampollas m-Endo®Broth</li></ul>

\*Fuente: Autor

### 2.2.4 MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 2.2.4.1 MÉTODOS

Los métodos utilizados están adaptados al manual “Standar Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residuales); y el manual de Métodos HACH.

La descripción de los métodos y técnicas utilizadas se las puede encontrar en el Anexo 1.

## **2.3 DATOS EXPERIMENTALES**

### **2.3.1 DETERMINACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA**

EL Sistema de tratamiento “Chaquishca” se abastece actualmente del agua proveniente de las estribaciones del volcán Chimborazo, siendo las principales: La Cruz del Arenal, Coandes y Lozán, el sistema de conducción tiene alrededor de 30 años, actualmente se desarrolla un Plan Maestro que tiene como objetivo captar nuevas fuentes de agua, lo cual involucra el cambio de tubería de asbesto-cemento por tubería PVC, sin embargo debido a los trabajos realizados, y en época de invierno se presenta turbidez, elevados niveles de hierro y manganeso.

El sistema de potabilización actual presenta los siguientes componentes:

- Una torre de aireación,
- Un desarenador,
- Una cámara de cloración,
- Tanques de almacenamiento.

Tales componentes se encuentran funcionando a su máxima capacidad y pese a ello no se logra potabilizar toda el agua captada. El excedente es conducido a través de un bypass en el cual no recibe todos los tratamientos necesarios para su potabilización.

La planta tampoco cuenta con un sistema de floculación, coagulación y sedimentación, para evitar la turbidez que suele presentarse en la planta.

#### **2.3.1.1 PROCESOS EXISTENTES**

**AIREACION:** La torre de aireación de bandejas múltiples, actualmente consta de 12 torres y 72 bandejas, su capacidad es de 93L/s, en su estructura se evidencia la presencia de algas.

Su principal función es el enriquecer al agua de oxígeno al agua y la eliminación de hierro, manganeso y gases volátiles.



**Figura c- Torre de Aireación**

## **DESARENADOR**

Es un tanque rectangular cuya capacidad es de 110m<sup>3</sup>, el cual trabaja a su máxima capacidad, por lo que no es posible que toda el agua captada sea tratada, para evitar reboses en la cámara, cierta cantidad de agua pasa a través de un bypass sin recibir tratamiento antes de su distribución.



**Figura d- Desarenador**

## **DESINFECCION**

En la planta existe un tanque rectangular de 220m<sup>3</sup> en el cual se dosifica cloro gas al agua. Después de determinar la cantidad apropiada de cloro para desinfectar la cantidad de agua se dosifica y se permite que reaccione con el agua almacenada, para que el cloro se disperse completamente a través del tanque.



**Figura e- Desinfección**

### **2.3.2 DATOS**

#### **2.3.2.1 CARACTERIZACION DE AGUA CAPTADA**

Para la caracterización del agua captada se tomó las muestras de agua cruda en la torre de aireación y del By-Pass, durante cuatro semanas, tres días a la semana. Evidenciando con estos resultados los problemas de turbiedad que se presentan en el proceso de captación.

Para determinar la calidad de agua se realizó una caracterización físico-química y microbológica, los datos se los muestran en las siguientes tablas.

**Tabla 2.1. Caracterización Físico-Química Sistema de Tratamiento de Agua Potable “CHAQUISHCA”**

**Semana 1**

Parámetros	Unidades	Semana 1			Promedio	Límites
		1	2	3		
<b>Turbiedad</b>	NTU	1,00	35,00	50,00	28,67	5
pH		6,99	7,05	7,10	7,05	6,5-8,5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	39,65	50,15	43,64	44,48	1000
Aluminio	mg/L	0,004	0,006	0,003	0,00	0,25
Amonio (Nessler)	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	1,0
Amonio (Salicílico)	mg/L	0,01	0,02	0,02	0,02	1,0
Bromo	mg/L	3,25	2,76	3,41	3,14	6,0
Cianuro	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07
Cloruros	mg/L	2,50	2,00	1,97	2,16	250
Cobalto	mg/L	0,007	0,005	0,007	0,01	1,0
Cobre	mg/L	0,03	0,05	0,02	0,03	2,0
Cromo IV	mg/L	0,007	0,009	0,005	0,01	0,05
Cromo Total	mg/L	0,005	0,007	0,009	0,01	0,05
Dureza	mg/L	120,00	80,00	100,00	100,00	300
Fluoruros	mg/L	0,35	0,43	0,37	0,38	1,5
Fosfatos	mg/L	0,50	0,39	0,48	0,46	-
Hierro	mg/L	0,09	0,09	0,08	0,09	0,3
Manganeso	mg/L	0,006	0,007	0,009	0,01	0,1
Molibdeno	mg/L	0,06	0,08	0,08	0,07	0,07
Niquel	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitratos	mg/L	1,10	1,50	1,30	1,30	50
Nitritos	mg/L	0,003	0,004	0,003	0,00	0,2
Plata	mg/L	0,10	0,09	0,12	0,10	0,13
Plomo	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	0,01
Sulfatos	mg/L	0,01	0,01	1,00	0,34	200
Zinc	mg/L	0,05	0,07	0,09	0,07	3
Trihalometanos totales	mg/L	0,002	0,002	0,003	0,00	0,5

\*Fuente: Dpto. Control de Calidad EMAPA-G - Autor

**Tabla 2.2 Caracterización Físico-Química Sistema de Tratamiento de Agua Potable “CHAQUISHCA”**

**Semana 2**

Parámetros	Unidades	Semana 2			Promedio	Límites
		1	2	3		
<b>Turbiedad</b>	NTU	300,00	1,00	70,00	123,67	5
pH		7,53	7,03	7,07	7,07	6,5-8,5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	41,23	39,32	37,42	39,32	1000
Aluminio	mg/L	0,005	0,003	0,003	0,00	0,25
Amonio (Nessler)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	1,0
Amonio (Salicílico)	mg/L	0,02	0,02	0,03	0,02	1,0
Bromo	mg/L	3,00	3,10	2,76	2,95	6,0
Cianuro	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07
Cloruros	mg/L	3,00	3,50	2,65	3,05	250
Cobalto	mg/L	0,008	0,006	0,008	0,01	1,0
Cobre	mg/L	0,02	0,04	0,05	0,04	2,0
Cromo IV	mg/L	0,006	0,008	0,007	0,01	0,05
Cromo Total	mg/L	0,003	0,006	0,008	0,01	0,05
Dureza	mg/L	85,00	90,00	110,00	95,00	300
Fluoruros	mg/L	0,40	0,33	0,45	0,39	1,5
Fosfatos	mg/L	0,60	0,25	0,52	0,46	-
Hierro	mg/L	0,07	0,10	0,19	0,12	0,3
Manganeso	mg/L	0,005	0,007	0,10	0,04	0,1
Molibdeno	mg/L	0,04	0,06	0,03	0,04	0,07
Niquel	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitratos	mg/L	2,00	1,70	1,31	1,67	50
Nitritos	mg/L	0,004	0,007	0,004	0,01	0,2
Plata	mg/L	0,08	0,06	0,04	0,06	0,13
Plomo	mg/L	0,04	0,07	0,05	0,05	0,01
Sulfatos	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	200
Zinc	mg/L	0,02	0,06	0,08	0,05	3
Trihalometanos totales	mg/L	0,001	0,001	0,002	0,00	0,5

**\*Fuente:** Dpto. Control de Calidad EMAPA-G - Autor

**Tabla 2.3.Caracterización Físico-Química Sistema de Tratamiento de Agua Potable “CHAQUISHCA”**

**Semana 3**

Parámetros	Unidades	Semana 3			Promedio	Límites
		1	2	3		
<b>Turbiedad</b>	NTU	1,00	1,00	<b>270,00</b>	<b>90,67</b>	5
pH		6,88	6,98	7,10	6,99	6,5-8,5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	39,56	50,67	42,57	44,27	1000
Aluminio	mg/L	0,004	0,007	0,009	0,01	0,25
Amonio (Nessler)	mg/L	0,01	0,04	0,02	0,02	1,0
Amonio (Salicílico)	mg/L	0,01	0,04	0,04	0,03	1,0
Bromo	mg/L	2,56	3,67	3,73	3,32	6,0
Cianuro	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07
Cloruros	mg/L	4,00	1,78	3,89	3,22	250
Cobalto	mg/L	0,006	0,009	0,005	0,01	1,0
Cobre	mg/L	0,01	0,07	0,10	0,06	2,0
Cromo IV	mg/L	0,005	0,009	0,006	0,01	0,05
Cromo Total	mg/L	0,005	0,007	0,009	0,01	0,05
Dureza	mg/L	80,00	112,00	96,00	96,00	300
Fluoruros	mg/L	0,34	0,40	0,39	0,38	1,5
Fosfatos	mg/L	0,51	0,35	0,64	0,50	-
Hierro	mg/L	0,09	0,09	0,02	0,07	0,3
Manganeso	mg/L	0,006	0,008	0,007	0,01	0,1
Molibdeno	mg/L	0,02	0,08	0,06	0,05	0,07
Niquel	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitratos	mg/L	1,20	1,19	1,50	1,30	50
Nitritos	mg/L	0,005	0,008	0,007	0,01	0,2
Plata	mg/L	0,04	0,07	0,03	0,05	0,13
Plomo	mg/L	0,05	0,09	0,03	0,06	0,01
Sulfatos	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	200
Zinc	mg/L	0,04	0,02	0,06	0,04	3
Trihalometanos totales	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00	0,5

**\*Fuente:** Dpto. Control de Calidad EMAPA-G - Autor

**Tabla 2.4. Caracterización Físico-Química Sistema de Tratamiento de Agua Potable “CHAQUISHCA”**

**Semana 4**

Parámetros	Unidades	Semana 4			Promedio	Límites
		1	2	3		
<b>Turbiedad</b>	NTU	<b>45,00</b>	<b>70,00</b>	<b>150,00</b>	<b>88,33</b>	5
pH		6,54	6,78	6,99	6,77	6,5-8,5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	50,78	40,54	49,67	47,00	1000
Aluminio	mg/L	0,008	0,004	0,008	0,01	0,25
Amonio (Nessler)	mg/L	0,03	0,03	0,04	0,03	1,0
Amonio (Salicílico)	mg/L	0,06	0,05	0,02	0,04	1,0
Bromo	mg/L	1,97	2,53	1,94	2,15	6,0
Cianuro	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07
Cloruros	mg/L	3,54	2,95	2,63	3,04	250
Cobalto	mg/L	0,005	0,007	0,009	0,01	1,0
Cobre	mg/L	0,05	0,08	0,09	0,07	2,0
Cromo IV	mg/L	0,004	0,005	0,007	0,01	0,05
Cromo Total	mg/L	0,003	0,008	0,006	0,01	0,05
Dureza	mg/L	100,00	122,00	84,00	102,00	300
Fluoruros	mg/L	0,40	0,35	0,41	0,39	1,5
Fosfatos	mg/L	0,43	0,40	0,45	0,43	-
Hierro	mg/L	0,07	0,05	0,05	0,06	0,3
Manganeso	mg/L	0,004	0,006	0,006	0,01	0,1
Molibdeno	mg/L	0,02	0,02	0,04	0,03	0,07
Niquel	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitratos	mg/L	3,42	2,54	2,45	2,80	50
Nitritos	mg/L	0,004	0,007	0,009	0,01	0,2
Plata	mg/L	0,02	0,08	0,05	0,05	0,13
Plomo	mg/L	0,006	0,009	0,005	0,007	0,01
Sulfatos	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	200
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,04	0,03	3
Trihalometanos totales	mg/L	0,001	0,002	0,001	0,00	0,5

\*Fuente: Dpto. Control de Calidad EMAPA-G - Autor



### 2.3.2.2 Caracterización Microbiológica

#### Semana 1

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITES
<b>Coliformes Totales</b>	UFC/100ml	Ausencia	<1,1*
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	Ausencia	<1**

\*Fuente: Dpto. Control de Calidad EMAPA-G - Autor

#### Semana 2

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITES
<b>Coliformes Totales</b>	UFC/100ml	50	<1,1*
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	Ausencia	<1**

\*Fuente: Dpto. Control de Calidad EMAPA-G - Autor

#### Semana 3

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITES
<b>Coliformes Totales</b>	UFC/100ml	Ausencia	<1,1*
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	Ausencia	<1**

\*Fuente: Dpto. Control de Calidad EMAPA-G - Autor

#### Semana 4

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITES
<b>Coliformes Totales</b>	UFC/100ml	Ausencia	<2*
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100ml	Ausencia	<2*

\*Fuente: Dpto. Control de Calidad EMAPA-G - Autor

\* < 2 significa que en una serie de 9 tubos ninguno es positivo

### 2.3.2.3 Prueba de jarras para la turbiedad

Para realizar las pruebas de jarras utilizamos Policloruro de aluminio y CHEMFLOC 932, un floculante aniónico con la finalidad de acelerar el proceso de floculación.

Para realizar las pruebas con el test de jarras se inició con valores de turbiedad de 5,5 NTU como valor mínimo y con un máximo de 300 NTU, resultados obtenidos de la caracterización físico-química realizada previamente.

Para la dosificación se realizó soluciones de policloruro de distintas concentraciones que van desde 10ppm hasta los 100ppm y una solución del auxiliar anionico de una concentración de 10ppm, su aplicación se realizó con distintos volúmenes y controlando que las variables de turbiedad, pH, color, se mantengan dentro de las especificaciones de la norma.

A continuación se muestran las pruebas realizadas, en las distintas muestras obtenidas.

**Tabla 2.5. Prueba De Jarras Turbiedad 5,5 NTU**

Concentración Policloruro (ppm)	Volumen Policloruro (ml)	Concentración Auxiliar (ppm)	Volumen Auxiliar (ml)	Turbiedad NTU
5	5	10	0.5	3,05
10	5	10	0.5	1,50
20	5	10	0.5	4,35
30	5	10	0.5	5,50
40	5	10	0.5	6,70

**\*Fuente:** Autor

**Tabla 2.6. Prueba De Jarras Turbiedad 28,6 NTU**

Concentración Policloruro (ppm)	Volumen Policloruro (ml)	Concentración Auxiliar (ppm)	Volumen Auxiliar (ml)	Turbiedad NTU
<b>5</b>	8	10	0.5	11,28
<b>10</b>	8	10	0.5	5,15
<b>20</b>	8	10	0.5	1,08
<b>30</b>	8	10	0.5	2,10
<b>40</b>	8	10	0.5	3,12

**\*Fuente:** Autor

**Tabla 2.7. Prueba De Jarras Turbiedad 88,33 NTU**

Concentración Policloruro (ppm)	Volumen Policloruro (ml)	Concentración Auxiliar (ppm)	Volumen Auxiliar (ml)	Turbiedad NTU
<b>30</b>	15	10	1ml	4,15
<b>40</b>	15	10	1ml	2,51
<b>50</b>	15	10	1ml	1,03
<b>60</b>	15	10	1ml	1,91
<b>70</b>	15	10	1ml	2,34

**\*Fuente:** Autor

**Tabla 2.8. Prueba De Jarras Turbiedad 90,67 NTU**

Concentración Policloruro (ppm)	Volumen Policloruro (ml)	Concentración Auxiliar (ppm)	Volumen Auxiliar (ml)	Turbiedad NTU
<b>30</b>	10	10	1ml	6,22
<b>40</b>	10	10	1ml	3,12
<b>50</b>	10	10	1ml	2,09
<b>60</b>	10	10	1ml	1,04
<b>70</b>	10	10	1ml	1,84

**\*Fuente:** Autor

**Tabla 2.9. Prueba De Jarras Turbiedad 123,67 NTU**

Concentración Policloruro (ppm)	Volumen Policloruro (ml)	Concentración Auxiliar (ppm)	Volumen Auxiliar (ml)	Turbiedad NTU
<b>50</b>	15	10	1ml	7,30
<b>60</b>	15	10	1ml	3,17
<b>70</b>	15	10	1ml	1,09
<b>80</b>	15	10	1ml	2,07
<b>90</b>	15	10	1ml	3,13

**\*Fuente:** Autor

**Tabla 2.10. Prueba De Jarras Turbiedad 300 NTU**

Concentración Policloruro (ppm)	Volumen Policloruro (ml)	Concentración Auxiliar (ppm)	Volumen Auxiliar (ml)	Turbiedad NTU
<b>75</b>	15	10	1,5	3,49
<b>80</b>	15	10	1,5	2,24
<b>85</b>	15	10	1,5	1,02
<b>90</b>	15	10	1,5	2,70
<b>95</b>	15	10	1,5	3,65
<b>100</b>	15	10	1,5	6,15

**\*Fuente:** Autor

## CAPITULO III

### CALCULOS DE REDISEÑO

#### 3.1 Cálculo Población Futura

$$\text{Ecuación 3.1} \quad N_t = N_o (1 + r)^t$$

**Donde:**

***No*:** Población al inicio del período.

***Nt*:** Población futura, resultado de la proyección.

***r*:** Tasa media anual de crecimiento.

***t*:** Número de años que se va a proyectar la población.

#### DATOS

**Tasa crecimiento anual:** 2.4%

**Población Actual:** 25.034

**Tabla 3.1. Proyección de la Población**

N	Año	Población
0	2012	25.034
1	2013	25.635
2	2014	26.249
3	2015	26.879
4	2016	27.525
5	2017	28.185

6	2018	28.862
7	2019	29.555
8	2020	30.263
9	2021	30.990
10	2022	31.734
11	2023	32.496
12	2024	33.276
13	2025	34.074
14	2026	34.892
15	2027	35.729

\* **Fuente:** Autor

### 3.1.1 Cálculo dotación básica

$$\text{Ecuación 3.2} \quad DB = \frac{Vac}{Tus}$$

**Donde:**

**DB:** Dotación básica (L/hab\*día)

**Vac:** Volumen de agua consumida (L/día)

**Tus:** Total de usuarios servidos (habitantes)

\*Estimación EMAPA-G: cada usuario representa a 5 habitantes

### DATOS

**Vac: (EMAPA-G 2012):** 149 108 m<sup>3</sup>/mes

**Tus:(EMAPA-G 2012)** 5 194 usuarios

$$DB = \frac{149.108 \text{ m}^3/\text{mes}}{5194 \text{ usuarios}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ usuario}}{5 \text{ habitantes}}$$

$$DB = 191,4 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}$$

### 3.1.2 Dotación futura

**Ecuación 3.3**

$$DF = FM * DB$$

**Donde:**

**FM:** Factor de Mayorización, según E.P.- EMAPA-G es de: 1,18

**DB:** Dotación Básica.

$$DF = 1,18 * 191,4 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}$$

$$DF = 225,8 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}$$

### 3.1.3 Gasto medio diario (Qmed.)

**Ecuación 3.4**

$$Q_{med} = \frac{P.D.}{86,400}$$

**Donde:**

**Qmed:** Gasto medio diario, en L/s

**P:** Número de habitantes, hab. (Proyectada)

**D:** Dotación, en L/hab/día

**86,400:** Segundos/día, s/d



## DATOS

**P:** 35 729 habitantes

**D:** 225,8 L/hab/día

$$Q_{med} = 93,4 \frac{L}{s}$$

### 3.1.4 Gasto máximo diario (QMd)

$$\text{Ecuación 3.5} \quad QMd = k_1 * Qmed$$

**Donde:**

**QMd:** Gasto máximo diario, en L/s

**K<sub>1</sub>:** Coeficiente de variación diaria, adimensional (1,3 según la E.P.-EMAPA-G)

**Qmed:** Gasto medio diario, en L/s

$$Q_{Md} = 121,4 \frac{L}{s}$$

### 3.1.5 Gasto máximo horario (QMh)

$$\text{Ecuación 3.6} \quad QMh = K_2 * QMd$$

**DONDE:**

**QMh:** Gasto máximo horario, en L/s

**K<sub>2</sub>:** Coeficiente de variación horaria, adimensional (1,6 según la E.P.-EMAPA-G)

**QMd:** Gasto máximo diario, en L/s

$$QMh = 194,2 \frac{L}{s}$$

### 3.2 Caudales de rediseño

#### 3.2.1 Caudal de captación

$$\text{Ecuación 3.7} \quad Q_{captación} = 1,5 * QMd$$

$$Q_{captación} = 182 L/s$$

#### 3.2.2 Caudal de la Planta de Tratamiento.

$$\text{Ecuación 3.8} \quad Q_{tratamiento} = 1,10 * QMd$$

$$Q_{tratamiento} = 134 L/s$$

### 3.3 Volúmenes de reserva

#### 3.3.1 Volumen de regulación

$$\text{Ecuación 3.9} \quad Vr = 0,25 * Qmd$$

Donde:

**Vr:** Volumen de regulación en m<sup>3</sup>

**Qmd:** Caudal medio diario.

$$Vr = 2\,017 m^3$$

#### 3.3.2 Volumen contra incendios

$$\text{Ecuación 3.10} \quad Vi = 100 * \sqrt{p}$$

**Donde:**

***V<sub>i</sub>***: Volumen para protección contra incendios, m<sup>3</sup>

***p***: Población en miles.

**Datos:**

$$Vi = 598 m^3$$

### 3.3.3 Volumen de emergencia

***Ecuación 3.11***

$$Ve = 0,25 * Vr$$

$$Ve = 504 m^3$$

#### 3.3.3.1 Volumen total

***Ecuación 3.12***

$$Vt = Vr + Vi + Ve$$

DATOS	
Volúmen	m <sup>3</sup>
<i>V<sub>r</sub></i>	2 017
<i>V<sub>i</sub></i>	598.0
<i>V<sub>e</sub></i>	504.0

$$Vt = 3\,119 m^3$$

### 3.4 Procesos de Potabilización

#### 3.4.1 Aireación

El aireador será diseñado para un caudal de 182L/s, el mismo que será utilizado para incorporar oxígeno al agua para oxidar los compuestos ferrosos, con una eficiencia del 70-80% y con una efectividad del 80-90%<sup>12</sup>

##### 3.4.1.1 Área Total

$$\text{Ecuación 3.14} \quad At = \frac{Q}{TA}$$

**Donde:**

**At:** Área total del aireador (m<sup>2</sup>)

**Q:** Caudal (L/s)

**TA:** Carga Hidráulica (L/sm<sup>2</sup>)

**Datos:**

**Caudal de diseño (Qd):** 182 L/s

**Carga Hidráulica:** 3,5L/sm<sup>2</sup><sup>13</sup>

$$At = 52m^2$$

##### 3.4.1.2 Dimensionamiento de la torre de aireación

Teniendo en cuenta que la altura recomendada por la guía técnica de diseño de proyectos de agua potable para poblaciones generada por ministerio de servicios y

---

<sup>12</sup> Tesis TESO 19P. Ing. Jorge Montero Oxidación de hierro por medio de aireadores de bandejas múltiples, capítulo 5.2.2.

<sup>13</sup> Departamento de Fiscalización del Plan Maestro Guaranda, 2012

obras públicas se optó por mantener las medidas que actualmente tiene la torre de aireación.

**Altura Total (H):** 2.97 m.

**Área de cada bandeja:** 1,015 m<sup>2</sup>

**Número de bandejas:** 6 bandejas en cada torre

**Número de torres:** Teniendo en cuenta que en la planta de tratamiento “Chaquishca” actualmente existen 12 torres de aireación, y que en cada torre ingresa un caudal de 7,75 L/s<sup>14</sup> tenemos:

**Ecuación 3.4.1**

$$N_{torres} = \frac{Q_d}{q_t}$$

**Donde:**

***N<sub>torres</sub>*:** Número de torres

***Q<sub>d</sub>*:** Caudal de diseño 182 L/s

***Q<sub>t</sub>*:** Caudal que ingresa a cada torre 7,75L/s

$$N_{torres} = 23,48 \approx 24$$

Para nuestro rediseño se requiere 24 torres de aireación con 6 bandejas en cada torre con la finalidad de que toda el agua captada pase por este proceso.

---

<sup>14</sup> Planta de Agua Potable “Chaquishca”

**Tabla 3.2 Parámetros de Diseño del Aireador**

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Lecho de contacto	0.15	m
Espesor		
Orificios de distribución	1	cm
Diámetro		
Profundidad de agua en la bandeja	0,15	m
Separación entre bandejas	0,30	m

\* FUENTE: Autor

#### 3.4.1.3 Tiempo de exposición

**Ecuación 3.16**

$$t = \sqrt{\frac{2 \times H \times n}{g}}$$

**Donde:**

**t:** Tiempo de exposición (s)

**H:** Altura total de bandejas (2,97m)

**n:** Número de bandejas (6)

**g:** Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Reemplazando datos en la ecuación tenemos:

$$t = 1,91s$$

### 3.4.2 Vertedero triangular

Para determinar la altura del vertedero utilizaremos la ecuación de Thompson

$$\textbf{Ecuación 3.17} \qquad \qquad \qquad \mathbf{Q = 1,4H^{\frac{2}{5}}}$$

**Donde:**

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s (0,182 m<sup>3</sup>/s)

H: Altura de agua en el vertedero (m)

Al reemplazar los datos en la ecuación de Thompson tenemos:

$$\mathbf{H = \left(\frac{Q}{1,380}\right)^{\frac{2}{5}}}$$

La altura del vertedero triangular de 90° que se requiere para nuestro rediseño es de:

$$\mathbf{H = 0,445\ m}$$

### 3.4.3 Desarenador

El desarenador empleado para este proceso es de tipo canal, donde la velocidad se reduce propiciando la sedimentación.

#### 3.4.3.1 Velocidad de sedimentación

Para determinar la velocidad de sedimentación utilizaremos la ecuación de Stokes;

$$\textbf{Ecuación 3.18} \qquad \qquad \qquad \mathbf{v_s = \frac{g(P_s - \rho)}{18u} d^2}$$

**Donde:**

**$V_s$** = Velocidad de sedimentación

**$g$** = gravedad ( $m/s^2$ )

**$d$** = Diámetro de las partículas (mm)

**$P_s$** = Peso específico de la partícula ( $Kg/m^3$ )

**$p$** = densidad del líquido ( $Kg/m^3$ )

**$u$** = viscosidad del líquido a 15°C ( $Kg/m.s$ )

**Datos:**

Para escoger el diámetro de la partícula utilizaremos el anexo 3, literal a.

**Tabla 3.3. Parámetros De Diseño**

PARÁMETROS	VALOR
Diámetro de las partículas	0,150 mm
Peso específico de la partícula	1 525 $kg/m^3$
Densidad del líquido	999,19 $kg/m^3$
Viscosidad del líquido a 15°C	0,00114 kg/ms

\*Fuente: Autor

Reemplazando los datos en la ecuación de Stokes tenemos:

$$V_s = \frac{9.8 (1525 - 999,19)}{18 * (0,00114)} \times (2,25 * 10^{-8})$$

$$V_s = 0,56cm/seg$$



#### 3.4.3.2 Velocidad de sedimentación critica

Para determinar la velocidad crítica se utilizara la tabla de la relación del diámetro de la partícula y la velocidad de sedimentación, expuesta en el Anexo 3 literal b.

$$\text{Ecuación 3.19} \quad V_{sc} = \frac{V_s + V_{s2}}{2}$$

$$V_{sc} = 0,68$$

#### 3.4.3.3 Tiempo de caída

Asumiendo un valor de altura útil del desarenador de 6m, tenemos:

$$\text{Ecuación 3.20} \quad td = \frac{V}{Q} = \frac{H}{V_{sc}}$$

$$td = \frac{600cm}{0,68cm/s}$$

$$td = 882,353 \text{ s}$$

#### 3.4.3.4 Tiempo de retención

Utilizando los valores del Anexo 4 en la que se muestra la relación de a/t para depósitos con muy buenos deflectores y con una remoción del 87.5%, por tanto:

$$\text{Ecuación 3.21} \quad a = Kt * t$$

$$a = 2.37 * 882,353$$

$$a = 2\,091,118s$$

#### 3.4.3.5 Capacidad del desarenador

$$\text{Ecuación 3.22} \quad C = Q * a$$

$$C = 380,594 \text{ m}^3$$

#### 3.4.3.6 Superficie del desarenador

$$\text{Ecuación 3.23} \quad Ad = \frac{C}{H}$$

$$Ad = \frac{380,594 \text{ m}^3}{6\text{m}}$$

$$Ad = 63,432 \text{ m}^2$$

#### 3.4.3.7 Comprobación de la superficie disponible y requerida del desarenador

$$\text{Ecuación 3.24} \quad Ar = \frac{Q}{V_{sc}}$$

$$Ar = \frac{182 \text{ L/s}}{6,8 \text{ L/s} - m} = 26,764 \text{ m}^2$$

Como  $A > Ar$ ; se cumple con las condiciones requeridas.

#### 3.4.3.8 Zona de sedimentación

Para determinar la longitud de la zona de sedimentación se debe tener en cuenta:

$$\text{Ecuación 3.25} \quad L = 4b \quad A = L * b = 4b * b = 4b^2$$

**Ecuación 3.26**

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

$$b = \sqrt{\frac{63,432}{4}} = 3,98m$$

Por lo tanto:

**L= 16m** (Largo de la zona de sedimentación)

**b= 4m** (Ancho de la zona de sedimentación)

Los sedimentadores requieren estructuras complementarias, entre ellas se encuentran:

- ✓ Pantalla deflectora
- ✓ Vertedero de excesos.

#### **3.4.3.9 Dimensionamiento de la pantalla deflectora**

Considerando que la velocidad a través de los orificios es de: 0,068m/s

Tenemos:

**Área efectiva:**

**Ecuación 3.27**

$$Ae = \frac{Q}{Vs}$$

$$Ae = \frac{0,182 \text{ m}^3/s}{0,068 \text{ m/s}} = 2,676m^2$$

**Área de cada orificio:**

$$a_o = 0,10 * 0,10$$

**Número de orificios:**

$$\text{Ecuación 3.28} \quad Ae = \frac{Ae}{a_o}$$

Reemplazando tenemos:

$$Ae = 267,6 \text{ orificios}$$

#### **3.4.3.10 Dimensionamiento del vertedero de excesos**

Se utiliza un vertedero a la ancho del desarenador diseñado a partir de la ecuación de Francis.

$$\text{Ecuación 3.29} \quad Q = K_f * b * H^{3/2}$$

$$Hve = \left( \frac{0,182}{1,84 * 4} \right)^{2/3} = 0,085m$$

#### **3.4.4 Floculación**

Para asegurar la dispersión del coagulante en toda la masa de agua cruda, el coagulante en este caso Policloruro de aluminio y el Auxiliar Anicónico, debe aplicarse sobre la sección 1, a una distancia  $Lm$  del vertedero.

La aplicación del coagulante a una distancia menor a  $Lm$  no es recomendable, porque haría que una parte del agua cruda recibiese una dosis menor. Por tal motivo utilizaremos un vertedero rectangular para mezcla rápida.

### Datos

Parámetro	Valor
Caudal (Q)	0,182 L/s
Ancho del vertedero (B)	0,60 m
Profundidad (P)	1,90 m

La distancia  $Lm$  puede calcularse, por la ecuación de Scimeni.

$$\textbf{Ecuación 3.30} \qquad Lm = 1.45 P^{0,54} H^{0,6}$$

**Donde:**

**P:** altura del vertedero

**H:** altura de la lámina de agua

El valor de  $Lm$  calculado por la ecuación anterior se incrementa para tener en cuenta la distancia adicional correspondiente al ancho de la lámina vertiente en el punto de reposo.

Para ello necesitamos determinar la profundidad crítica de flujo a través de la siguiente ecuación, con la que determinaremos el caudal específico:

$$\textbf{Ecuación 3.31} \qquad q = \frac{Q}{B}$$

**Donde:**

**q:** Caudal específico ( $m^2/s$ )

**Q:** Caudal de entrada (0,182  $m^3/s$ )

**B:** Ancho del vertedero (0,60 m)

$$q = \frac{0,182}{0,60}$$

$$q = 0,303 \text{ m}^2/\text{s}$$

La profundidad crítica de flujo ( $h_c$ ) es:

$$\textbf{Ecuación 3.32} \quad h_c = \left( \frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

**Donde:**

**$h_c$ :** Profundidad crítica (m)

**$g$ :** gravedad ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$$h_c = \left( \frac{0,303^2}{9,8} \right)^{1/3}$$

$$h_c = 0,2108 \text{ m}$$

Cuando hay resalto, la profundidad del agua debe estar relacionada con la profundidad crítica mediante la ecuación de White:

$$\textbf{Ecuación 3.33} \quad h_1 = \frac{\sqrt{2} h_c}{1,06 + \sqrt{\frac{P}{h_c} + 1,5}}$$

$$h_1 = \frac{\sqrt{2} (0,2108)}{1,06 + \sqrt{\frac{1,90}{0,210} + 1,5}}$$

$$h_1 = 0,06 \text{ m}$$

Las profundidades antes y después del resalto están relacionadas entre sí por:

$$\textbf{Ecuación 3.34} \quad h_2 = \frac{h_1}{2} \left( \sqrt{1 + 8F_1^2} - 1 \right)$$

$F_1$  se refiere al número de Froude en la sección 1, para q haya resalto estable y mezcla eficiente, este número debe estar comprendido entre 4,5 y 9,0

$$\textbf{Ecuación 3.35} \quad F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}$$

Para determinar  $v_1$  y  $v_2$  se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\textbf{Ecuación 3.36} \quad v_1 = \frac{q}{h_1}$$

$$v_1 = \frac{0,303}{0.06}$$

$$v_1 = 5,05m/s$$

Reemplazando datos en la ecuación 3.34 tenemos:

$$F_1 = \frac{5,05}{\sqrt{(9,8) * (0,06)}}$$

$$F_1 = 6,64 \quad \textbf{Óptimo}$$

La relación entre las profundidades antes y después del resalto es:

$$h_2 = \frac{0,06}{2} \left( \sqrt{1 + 8(6,64)^2} - 1 \right)$$

$$h_2 = 0,534 m$$

Con la profundidad después del resalto encontramos la velocidad

$$\textbf{Ecuación 3.37} \quad v_2 = \frac{q}{h_2}$$

$$v_2 = \frac{0,303}{0,534}$$

$$v_2 = 0,567 \text{ m/s}$$

El valor de la pérdida de energía en el resalto (h) se calcula mediante la ecuación de Belanger:

$$\textbf{Ecuación 3.38} \quad h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2}$$

$$h = \frac{(0,534 - 0,06)^3}{4h_1h_2}$$

$$h = 0,827 \text{ m}$$

La longitud de resalto para que sea estable se determina mediante la ecuación de Smetana:

$$\textbf{Ecuación 3.39} \quad Lf = 6(h_2 - h_1)$$

$$Lf = 6(0,567 - 0,06)$$

$$Lf = 3,042 \text{ m}$$

La velocidad media en el resalto está dada por:

$$\textbf{Ecuación 3.40} \quad v_m = \frac{(v_2 + v_1)}{2}$$

$$v_m = \frac{0,567 + 5,05}{2}$$

$$v_m = 2,80 \text{ m/s}$$



El tiempo de mezcla se calcula mediante:

$$\text{Ecuación 3.41} \quad t_m = \frac{L_f}{v_m}$$

$$t_m = \frac{3,042}{2,80}$$

$$t_m = 1,08s$$

### 3.4.5 Criterios de diseño del floculador vertical

Utilizaremos un floculador de flujo vertical con la finalidad de optimizar el espacio físico de las instalaciones de la planta ocupando una menor que las unidades de flujo horizontal, además debemos tener en cuenta que el caudal a tratar es de 0,182 m<sup>3</sup>/s y su gradiente de velocidad no debe ser menor a 20s<sup>-1</sup>

**Tabla 3.4. Parámetros de diseño**

Parámetro	Valor
Caudal (Q)	0,182 m <sup>3</sup> /s
Tiempo de retención (tr)	20 min
Longitud (L floculador)	6,50 m
Profundidad (H)	3,5m
Ancho del tramo (b)	2 m
Gradiente de velocidad en el último tramo (G)	25 s <sup>-1</sup>

\* Fuente: Autor

### 3.4.6 Dimensionamiento de la unidad de floculación

#### 3.4.6.1 Volumen total de la unidad

$$\text{Ecuación 3.42} \quad Vf = 60 * Q * T$$

$$Vf = 60 * 0,182 * (20 \text{ min})$$

$$Vf = 218m^3$$

#### 3.4.6.2 Ancho total de la unidad

$$\text{Ecuación 3.43} \quad B = \frac{Vf}{H \cdot L}$$

$$B = \frac{218}{6,5 * 3,5}$$

$$B = 9,6 \text{ m}$$

#### 3.4.6.3 Tiempo de retención en el primer canal

$$\text{Ecuación 3.44} \quad t = \frac{H \cdot B \cdot L}{Q * 60}$$

$$t = \frac{3.5 * 2 * 6,5}{0,182 * 60}$$

$$t = 4,16 \text{ s}$$

#### 3.4.6.4 Número de compartimientos (m)

Para determinar el número apropiado de compartimientos o tramos con un gradiente de velocidad constante utilizamos la ecuación de Richter

$$\text{Ecuación 3.45} \quad m = 0,045 \sqrt[3]{\left(\frac{bLG}{Q}\right)^2 * t}$$

$$m = 0,045 \sqrt[3]{\left(\frac{2 * 6,5 * 25}{0,182}\right)^2 * 4,16}$$

$$m = 10,65$$

$$m \approx 10 \text{ compartimientos}$$

#### 3.4.6.5 Espaciamiento entre pantallas (a)

$$\text{Ecuación 3.46} \quad a = \frac{L - e(m - 1)}{m}$$

$$a = \frac{6,5 - (10 - 1) * 0,038}{10}$$

$$a = 0,62 \text{ m}$$

#### 3.4.6.6 Velocidad en los canales verticales

$$\text{Ecuación 3.47} \quad vf_1 = \frac{Q}{a * b}$$

$$vf_1 = \frac{0,182}{0,62 * 2}$$

$$vf_1 = 0,15 \text{ m/s}$$

#### 3.4.6.7 Velocidad en cada paso

$$\text{Ecuación 3.48} \quad vf_2 = \frac{2}{3} vf_1$$

$$vf_2 = \frac{2}{3} (0,15)$$

$$vf_2 = 0,10 \text{ m/s}$$

#### 3.4.6.8 Altura de paso

$$\text{Ecuación 3.49} \quad P_2 = \frac{Q/vf_2}{b_2}$$

$$P_2 = \frac{0,182/(0,10)}{2}$$

$$P_2 = 0,91 \text{ m}$$

#### 3.4.6.9 Extensión total de canales del último tramo

$$\text{Ecuación 3.50} \quad l = 60 * vf_1 * t$$

$$l = 60 * 0,15 * 4,16$$

$$l = 37,44 \text{ m}$$

#### 3.4.6.10 Radio Hidráulico del compartimiento entre pantallas

$$\text{Ecuación 3.51} \quad R_H = \frac{a * b}{2(a + b)}$$

$$R_H = \frac{0,62 * 2}{2(0,62 + 2)}$$

$$R_H = 0,236 \text{ m}$$

#### 3.4.6.11 Perdida de carga continua en los canales

$$\text{Ecuación 3.52} \quad hf_1 = \left( \frac{n * vf_1}{R_H^{2/3}} \right)^2 * l$$

Donde:

**n:** Coeficiente de Mannig 0,013 (Anexo 5 literal a)

$$hf_1 = \left( \frac{0,013 * 0,15}{(0,236)^{2/3}} \right)^2 * 37,44$$

$$hf_1 = 9,76 * 10^{-4} m$$

#### 3.4.6.12 Perdida de carga continua en las vueltas

**Ecuación 3.53** 
$$hf_2 = \frac{(m + 1) (vf_1)^2 + m(vf_2)^2}{2g}$$

$$hf_2 = \frac{(10 + 1) * (0,15)^2 + 10(0,10)^2}{2(9,8)}$$

$$hf_2 = 0,018 m$$

#### 3.4.6.13 Perdida de carga total en el último tramo

**Ecuación 3.54** 
$$hf = h_1 + h_2$$

$$hf = 9,76 * 10^{-4} + 0,018$$

$$hf = 0,019 m$$

#### 3.4.6.14 Volumen del tramo

**Ecuación 3.55** 
$$Vt = HbL - e(m - 1) * b(H - P_2)$$

$$Vt = 3,5 * (2) * (6,5) - 0,038(10 - 1) * 2(3,5 - 0,91)$$

$$Vt = 43,72 \text{ m}^3$$

#### 3.4.6.15 Comprobación del Gradiente de velocidad total en el primer tramo

**Ecuación 3.56**

$$G_1 = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hf * Q}{Vt}}$$

Reemplazando los datos del anexo 5 literal b tenemos:

$$G_1 = 2\,920,01 * \sqrt{\frac{0,019 * 0,182}{43,72}}$$

$$G_1 = 26 \text{ s}^{-1}$$

#### 3.4.6.16 Comprobación de la longitud transversal

**Ecuación 3.57**

$$L_T = H - (P_2 * 2)$$

$$L_T = 3,5 - (0,91 * 2)$$

$$L_T = 1,68 \quad \text{Optimo}$$

#### 3.4.7 Dimensionamiento de Filtros Lentos

Se escogieron los filtros lentos debido a su simplicidad, este filtro sin controlador de velocidad y con controles de nivel mediante vertederos es muy sencillo y confiable de operar con los recursos disponibles.

Los filtros de arena serán diseñados para un caudal de 0,182m<sup>3</sup>/s, con una turbiedad máxima de 5,5 NTU y color máximo de 2-3 UC, la finalidad primordial de

los filtros será eliminar la materia orgánica que pueda existir en el agua a tratar, ya que el agua que ingresa en este proceso ha sido sometida a una serie de tratamientos previos.

El lecho filtrante estará compuesto de grava y arena con las especificaciones que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 3.5. Parámetros de Diseño Del Lecho Filtrante**

Parámetros de diseño	Dimensión
Profundidad del medio filtrante (arena)	1,40 m
Profundidad del sistema de drenaje (grava)	0,35 m
Altura de agua sobrenadante	1,00 m
Granulometría del medio filtrante	0,25 mm

\*Fuente: Departamento de Fiscalización; Plan Maestro 2012; E.P-EMAPA-G

#### 3.4.7.1 Superficie filtrante requerida

**Ecuación 3.58**

$$S_f = \frac{Q}{T_f}$$

**Donde:**

**Q:** caudal a tratar (0,182l/s)

**S<sub>f</sub>:** Superficie filtrante (m)

**T<sub>f</sub>:** Tasa de filtración (2m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h)

$$S_f = \frac{0,182}{48}$$

$$S_f = 327,6m^2$$

Determinamos del número de unidades dependiendo del área de filtración calculada, usando los datos de la siguiente tabla:

**Tabla 3.6. Número de Filtros en función del Área**

Área m <sup>2</sup>	Número de filtros	Dimensiones	
		Longitud	Ancho
300	3	12,24	8,10
400	3	14,14	8,34
500	3	15,88	11,65
600	3	17,31	11,43
700	3	18,70	12,34
800	3	20,00	13,20
900	3	21,21	14,00
1000	3	22,36	14,75

\*Fuente: Purificación del agua; Ing. Milton Silva. Capítulo 6

**Número de filtros de acuerdo al área: 3**

**Longitud:** 12,76m

**Ancho:** 8,16m

### 3.4.7.2 Área de filtración

**Ecuación 3.59**

$$Af = \frac{At}{3}$$



$$Af = \frac{327,6}{3}$$

$$Af = 109,2m$$

Se adopta las siguientes dimensiones:

**Ancho:** 8,16m

**Área de filtración:** 109,2m

**Ecuación 3.60**

$$Largo = \frac{Af}{Ancho}$$

$$Largo = \frac{109,2}{8,16}$$

$$Largo = 13,38m$$

### 3.4.7.3 Tubería de entrada al filtro

**Ecuación 3.61**

$$D = \sqrt{\frac{4 * Qi}{v * \pi}}$$

**Donde:**

**Qi:** Caudal de diseño para cada filtro (0,06m<sup>3</sup>/s)

**v:** Velocidad en la tubería (2m/s)

**D:** Diámetro de la tubería

$$Dt = \sqrt{\frac{4 * (0,06)}{2 * \pi}}$$

$$Dt = 0,195m \approx 200mm$$

#### 3.4.7.4 Sistema de drenaje

Para la estructura de salida de los filtros utilizaremos una tubería de 200mm perforada a través de la cual se recogerá el agua filtrada.

Los parámetros utilizados para el diseño del sistema de drenajes se los evidencian en las siguientes tablas:

**Tabla 3.7. Parámetros de diseño para drenajes por tuberías**

<b>Velocidad máxima en el distribuidor</b>	0.3 m/s
<b>Velocidad máxima en los laterales</b>	0.3 m/s
<b>Área total de los orificios</b> <b>Área del lecho</b>	$(1,5 \text{ a } 5) \cdot 10^{-3}$
<b>Área principal</b>	1.5 a 3
<b>Área lateral</b> <b>Área de orificios servida por el lateral</b>	2 a 4

\*Fuente: Potabilización. Milton Silva. Capítulo 6

**Tabla 3.8. Parámetros de diseños laterales**

<b>Espaciamiento de los laterales</b>	1-2 m
<b>Diámetro de los orificios de los laterales</b>	6,5 mm – 15,8 mm
<b>Espaciamiento de los orificios de los laterales</b>	7,5 cm – 25cm
<b>Altura entre tubo y fondo del filtro</b>	3 - 5 cm
<b>Velocidad en orificio</b>	3 – 5 m/s

\*Fuente: Teoría y Práctica de la Purificación del Agua. Ing. Jorge Arboleda Valencia.

#### **Diámetro de los orificios laterales**

Teniendo en cuenta los parámetros de diseño asumimos que:

- Diámetro: 10mm
- Velocidad en el orificio: 3m/s

### Área de cada orificio

$$\text{Ecuación 3.62} \quad A_o = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A_o = \frac{\pi \times (0,01m)^2}{4}$$

$$A_o = 7,85 * 10^{-5} m$$

### Caudal que ingresa a cada orificio

$$\text{Ecuación 3.63} \quad Q_o = A_o \times v_o$$

$$Q_o = (7,85 * 10^{-5}) (3)$$

$$Q_o = 2,36 * 10^{-4} m^3/s$$

Tomando una separación de 1m entre los laterales tenemos:

$$\text{Ecuación 3.64} \quad \# \text{ laterales} = n * \frac{L}{el}$$

Donde:

L: Longitud total del filtro (13,48 m)

el: Separación entre laterales (1m)

n: número de laterales por lado (2)

$$\# \text{ laterales} = 2 * \frac{13,48}{1}$$

$$\# \text{ laterales} = 26,9 \approx 27$$

### Separación entre orificios

**Ecuación 3.65**

$$\# \text{ orificios/lateral} = 2 * \frac{Ll}{e}$$

**Donde:**

**Ll:** Longitud de cada lateral (400cm)

**e:** Espacio entre orificios (8cm)

$$\# \text{ orificios/lateral} = 2 * \frac{400}{8}$$

$$\# \text{ orificios/lateral} = 100$$

**Número total de orificios**

**Ecuación 3.66**       $\# \text{ total de orificios} = \# \text{ de laterales} * \# \text{ de orificios/laterales}$

$$\# \text{ total de orificios} = 27 * 100$$

$$\# \text{ total de orificios} = 2\,700$$

**Área total de orificios**

**Ecuación 3.67**

$$Ato = Ao * \# \text{ total de orificios}$$

$$Ato = (7,85 * 10^{-5}) * 2700$$

$$Ato = 0,21m^2$$

**Comprobación de cumplimiento con los parámetros (0,0015-0,005)**

$$\frac{Ato}{Atf} = \frac{0,21}{109,2}$$

$$\frac{Ato}{Atf} = 0,0019 \text{ Cumple}$$

### 3.4.8 Desinfección

La dosificación de cloro que se utilizará para la desinfección del agua proveniente de los filtros de arena, tiene un caudal de 182L/s, la desinfección del agua se la realizará en el tanque de cloración, mediante la aplicación de hipoclorito de calcio con una concentración de 1,5 mg/L <sup>15</sup> para lo cual se requiere una caseta de cloración con un tanque para el hipoclorador, construido sobre el tanque-clorador.

El tanque clorador consta con dos tabiques separados con una distancia de 1,15m entre sí, facilitando la mezcla agua- cloro, y tendrá un tiempo de retención de 10min antes de su distribución y almacenamiento.

#### 3.4.8.1 Dimensionamiento Tanque de cloración

**Q:** Caudal (0,182m<sup>3</sup>/s)

**tr:** tiempo de retención (1200 s)

**Ecuación 3.68**

$$V_{tanque} = Q * T$$

$$V_{tanque} = 0,182 * 600$$

$$V_{tanque} = 109,2 \approx 110m^3$$

**Altura del tanque**

$$\text{Área: } 6,3 * 3,5$$

---

<sup>15</sup> Fuente: Muñoz Balarezo. Demanda de cloro para aguas. (1992)

**Ecuación 3.4.8**

$$H_{tanque} = \frac{V_{tanque}}{A}$$

$$H_{tanque} = \frac{110m^3}{22m^2}$$

$$H_{tanque} = 5,00m$$

### 3.4.8.2 Dosificación en el Hipoclorador

**Peso cloro necesario**

**Ecuación 3.70**

$$P = \frac{Q * D * T}{1000 I}$$

**Donde:**

**Q:** Caudal (0,182 m<sup>3</sup>/s)

**D:** Dosis cloro necesaria (1,5mg/L)

**T:** Periodo de almacenamiento de la solución (8h = 28 800s)

**I:** Porcentaje del cloro (65% = 0,65)

$$P = \frac{\frac{182l}{s} * \frac{1,5mg}{L} * 28\,800}{1000 (0,65)}$$

$$P = 12\,kg$$

### 3.4.8.3 Volumen del Hipoclorador

**Ecuación 3.71**

$$V = \frac{P}{5 * C}$$

**Donde:**

**C:** Concentración de hipoclorito de calcio similar al cloro domestico (5) **D:** Dosis cloro necesaria (1,5mg/L)

$$V = \frac{12}{5 * 5}$$

$$V = 0,48 \text{ m}^3$$

Se adopta un tanque para el hipoclorito de 500L con una dosificación de 1,5% y una duración de 8 horas para la dosificación en la noche de 10 pm a 6 am, mientras que para el día se realizará una dosificación de cloro gas automática.

### 3.5 RESULTADOS

#### 3.5.1 PROYECCION FUTURA

**Tabla 3.9. RESULTADOS PROYECCION FUTURA (2027)**

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Población Futura</b>	<i>Nt</i>	35 729	<i>habitantes</i>
<b>Dotación Básica</b>	<i>DB</i>	191,4	L/hab*día
<b>Dotación Futura</b>	<i>DF</i>	225,8	L/hab*día
<b>Gasto medio diario</b>	<i>Qmed</i>	93,4	L/s
<b>Gasto máximo diario</b>	<i>QMd</i>	121,4	L/s
<b>Gasto máximo horario</b>	<i>QMh</i>	194, 2	L/s
<b>Caudal De Captación</b>	<i>Qcaptación</i>	182	<i>L/s</i>

\*FUENTE: Autor

### 3.5.2 RESULTADOS PROCESOS DE POTABILIZACION

Tabla 3.10. RESULTADOS AIREACION

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área total del aireador	$A_t$	52	$m^2$
Altura Total	$H$ aireador	2.97	$m$
Área de cada bandeja	$A$ bandeja	1,015	$m^2$
Número de bandejas	$N$ bandejas	6	unidades
Número de torres	$N$ torres	24	torres
Tiempo de exposición	$T$	1,91	(s)
Vertedero triangular	$H$ vertedero	0,445	$m$

\*FUENTE: Autor



**Tabla 3.11. RESULTADOS DESARENADOR**

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Velocidad de sedimentación</b>	$V_s$	0,56	$cm/s$
<b>Velocidad de sedimentación crítica</b>	$V_{sc}$	0,68	$cm/s$
<b>Tiempo de caída</b>	$T_d$	882,353	$s$
<b>Tiempo de retención</b>	$A$	2 091,118	$s$
<b>Capacidad del desarenador</b>	$C$	380	$m^3$
<b>Superficie del desarenador</b>	$A_d$	63,4	$m^2$
<b>Zona de sedimentación</b> <b>Longitud</b> <b>Ancho</b> <b>Altura</b>	$L$ $b$ $H_d$	16 4 6	$m$
<b>Pantalla deflectora</b> <b>Área efectiva</b>	$A_e$	2,67	$m^2$
<b>Espacio entre orificios</b> <b>Número de orificios</b> <b>Vertedero de excesos</b>	$a_o$ $A_e$ $H_{ve}$	0,10*0,10 267,6 0,085	$m$ Orificios $m$

\*FUENTE: Autor

**Tabla 3.12. RESULTADOS MEZCLADOR RAPIDO**

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Ancho Del Vertedero	$B$	0,60	$m$
Profundidad	$P$	1,90	$m$
Caudal específico	$Q$	0,303	$m^2/s$
Altura crítica de flujo	$H_c$	0,210	$m$
Altura antes del resalto	$h_1$	0,06	$m$
Numero de Frode	$F_1$	6,64	
Velocidad de entrada al resalto	$v_1$	5,05	$m/s$
Altura después del resalto	$h_2$	0,534	$m$
Velocidad de salida del resalto	$v_2$	0,567	$m/s$
Perdida de energía de resalto	$H$	0,827	$m$
Longitud de resalto	$M$	3,042	$m$
Velocidad media en el resalto	$v_m$	2,80	$m/s$
Tiempo de mezcla	$T_m$	1,08	$s$

\*FUENTE: Autor

**Tabla 3.13. RESULTADOS FLOCULADOR VERTICAL**

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Floculador</b>			
<b>Longitud</b>	$L$ floculador	6,50	
<b>Profundidad</b>	$H$ floculador	3,5	$m$
<b>Ancho</b>	$B$ floculador	9,6	
<b>Canales</b>			
<b>Ancho del tramo</b>	$b$ tramo		
<b>Numero de compartimientos</b>	$m$	10	compartimientos
<b>Espacio entre pantallas</b>	$a$	0,62	$m$
<b>Velocidad en los canales</b>	$vf_1$	0,15	$m/s$
<b>Velocidad en cada paso</b>	$vf_2$	0,10	$m/s$
<b>Altura de Paso</b>	$P_2$	0,91	$m$
<b>Pérdida continua en los canales</b>	$hf_1$	$9,76 \cdot 10^{-4}$	$m$
<b>Pérdida continua en las vueltas</b>	$hf_2$	0,018	$m$
<b>Pérdida total en el último tramo</b>	$hf$	0,019	$m$
<b>Gradiente de velocidad en el último tramo</b>	$G$	26	$s^{-1}$

\*FUENTE: Autor

**TABLA 3.14. RESULTADOS FILTROS LENTOS DE GRAVA Y ARENA**

CALCULOS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Turbiedad max	$T$	5,5	$NTU$
Unidades de color max	$UC$	2-3	Unidades de color
Profundidad del medio filtrante (arena)	$P\text{ arena}$	1,40	$m$
Profundidad del sistema de drenaje (grava)	$P\text{ grava}$	0,35	$m$
Altura de agua sobrenadante	$h\text{ agua}$	1,00	$m$
Granulometria del medio filtrante	$Gf$	0,25	$mm$
Superficie filtrante	$Sf$	327	$m^2$
Número de filtros	$Nf$	3	Unidades
Área de Filtración	$Af$	109,2	$m^2$
Longitud	$Lf$	13,38	$m$
Ancho	$Af$	8,16	$m$
Diámetro de la tubería al ingreso	$Dt$	200	$mm$
Altura de elevación	$H\text{ Elevación}$	0,50	$m$

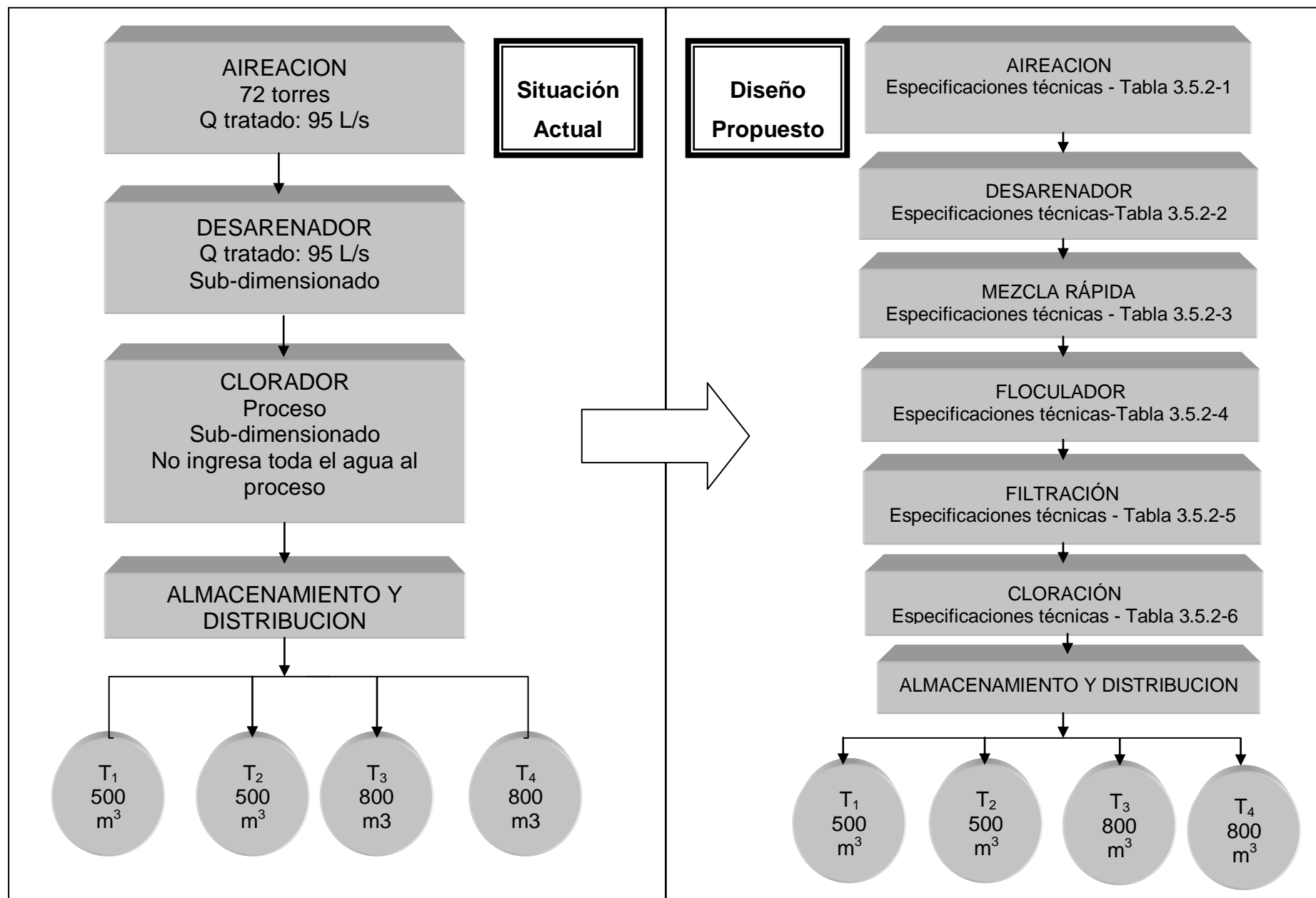
\*FUENTE: Autor

**TABLA 3.15. RESULTADOS CÁMARA DE CLORACION**

CALCULOS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Volumen del tanque	$V\text{ tanque}$	110	$m^3$
Área	$A\text{ tanque}$	22,05	$m^2$
Altura	$H\text{ tanque}$	5	$m$
Volumen Hipoclorador	$V_{hipoclorador}$	0,48	$m^3$

\*FUENTE: Autor

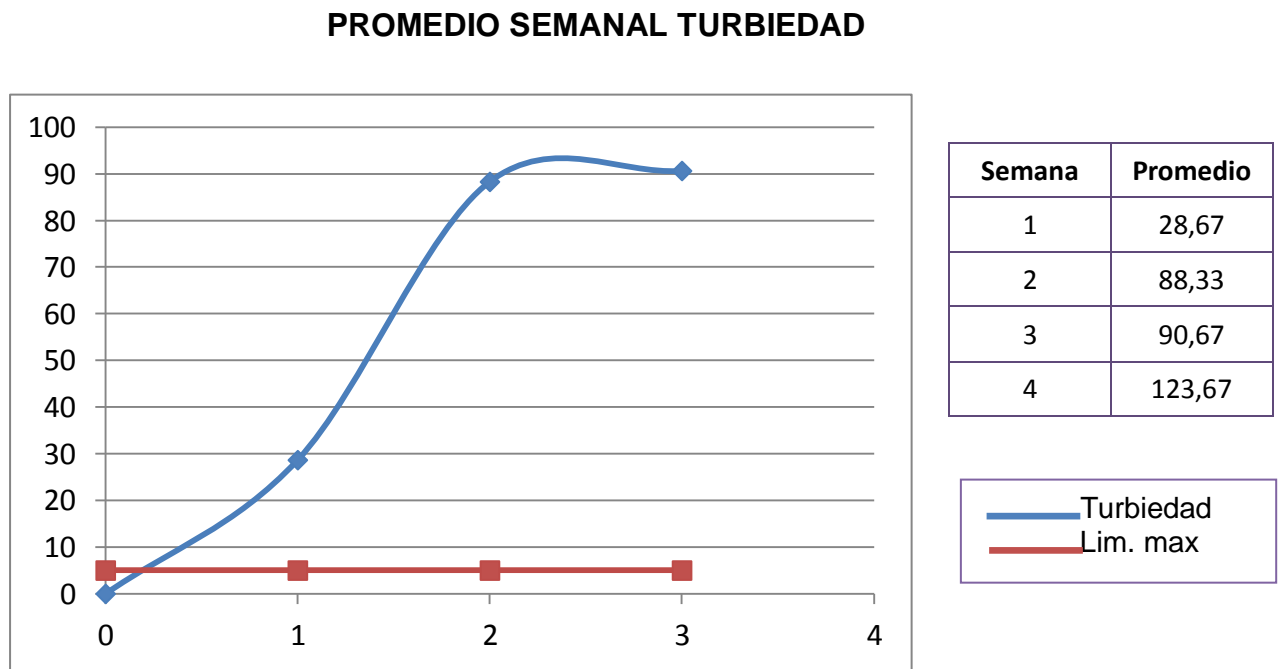
### 3.6 PROPUESTA



### 3.7 ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.7.1 Caracterización físico-Química y Microbiológica

Mediante la caracterización físico-química y microbiológica del agua captada durante cuatro semanas, con una frecuencia de tres días a la semana, se determinó valores de turbiedad que estaban fuera de los límites permisibles según la Norma NTE INEN1 108:2011 como se puede observar en las Tablas 2.3.2-1 hasta la Tabla 2.3.2-4, mientras que los otros parámetros encuentran dentro de los límites permisibles.



**Figura b Resultados promedio semanal de turbiedad**

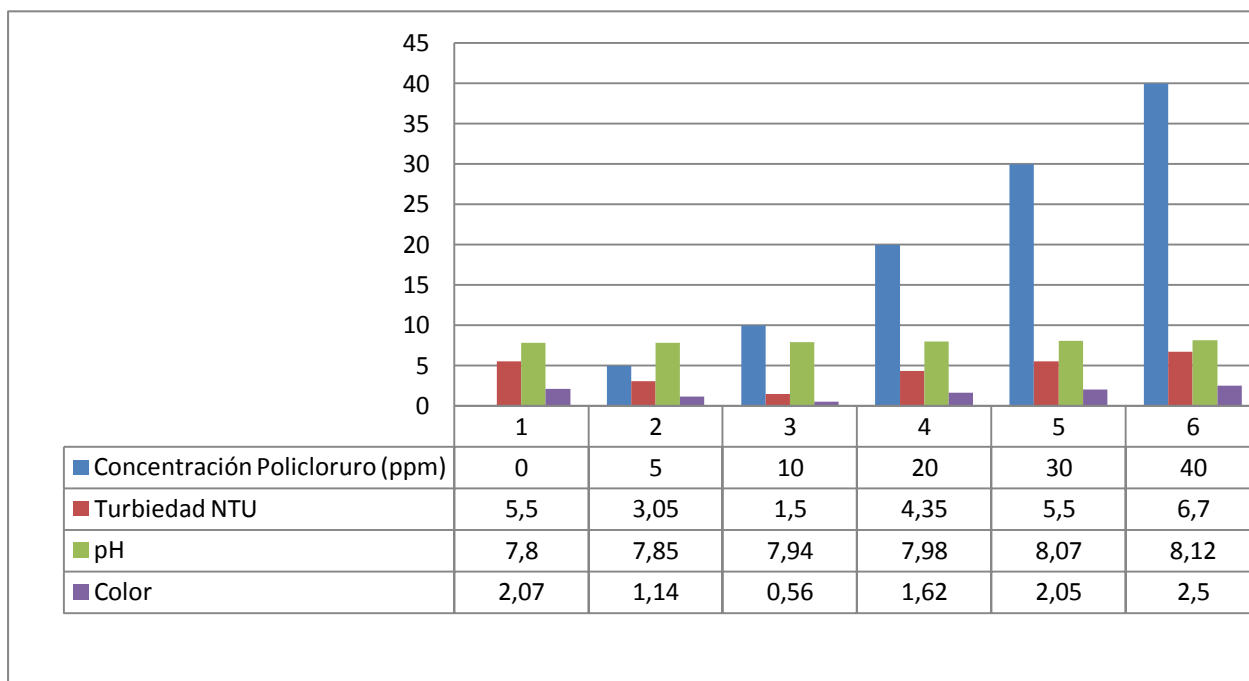
En la gráfica 3.7.1-1 se puede observar que los valores de promedio de turbiedad se encuentran fuera de los límites permisibles.

Debido a la presencia constante de turbiedad elevada se realizó las pruebas de jarras para determinar la dosificación adecuada del policloruro de aluminio y un auxiliar anionico, agentes coagulantes proporcionados por la E.P- EMAPA-G.

### 3.7.2 Pruebas de jarras

**GRÁFICO 3.1**

**PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 5,5 NTU**



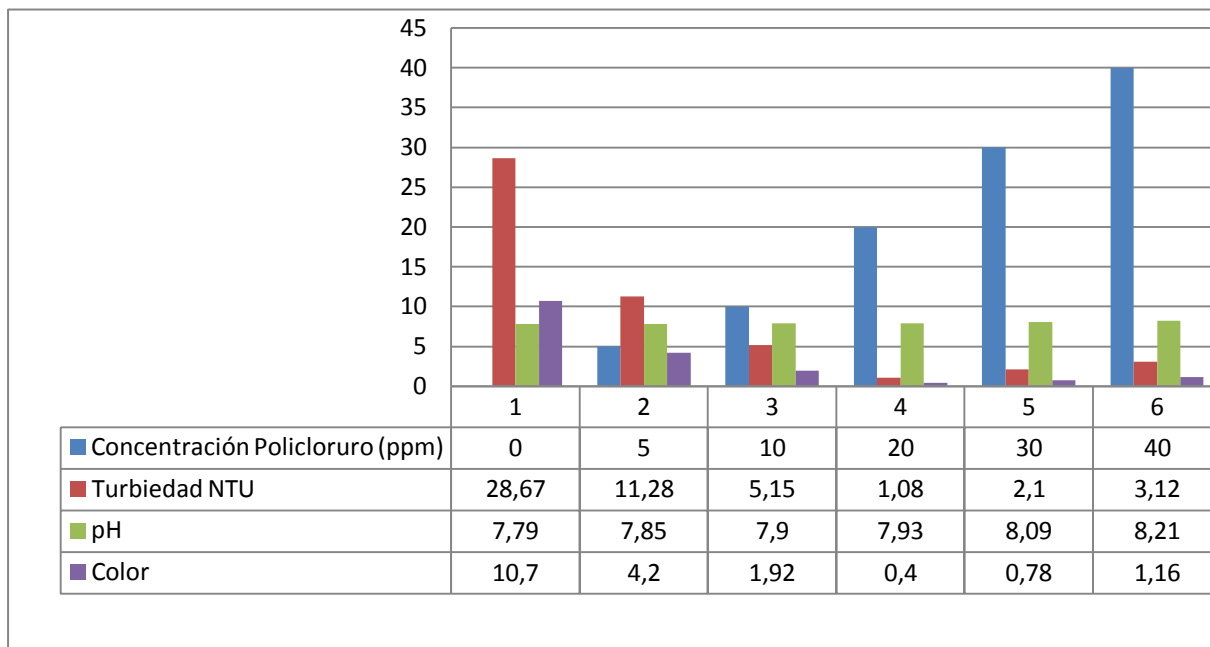
**Volúmen Policloruro de aluminio: 5ml**

**Auxiliar Aniónico(10ppm): 0,5ml**

En la figura 3.7.2-1 se puede apreciar que la prueba número 3 es la que presenta mayor eficiencia.

En esta prueba se dosificó 5ml de Policloruro de Aluminio de concentración de 10 ppm, con la cual la turbiedad descendió de 5,5 NTU hasta 1,5 NTU, con un valor de pH de 7,94 y un color de 0,56. Estos resultados se encuentran dentro de los parámetros de la norma.

**GRÁFICO 3.2**  
**PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 28,67 NTU**



**Volúmen Policloruro de aluminio: 8ml**

**Auxiliar Aniónico(10ppm): 1ml**

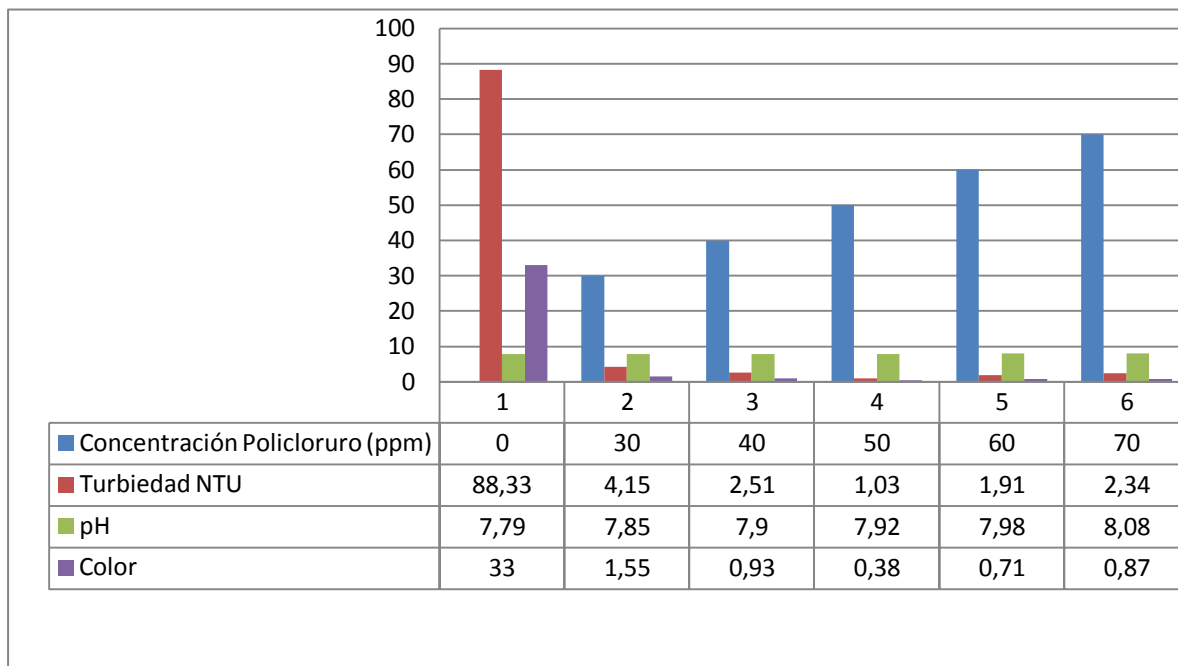
En la figura 3.7.2-2 se puede apreciar que la prueba número 4 es la que presenta mayor eficiencia y menor alteración de las variables.

En esta prueba se dosificó 1ml de Policloruro de Aluminio de concentración de 20 ppm, con la cual la turbiedad descendió de 28,67 NTU hasta 1,08 NTU, con un valor de pH de 7,93 y un color de 0,40.

Estos resultados se encuentran dentro de los parámetros de la norma.



**GRÁFICO 3.3**  
**PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 88,33**



**Volumen Policloruro De Aluminio: 15ml**

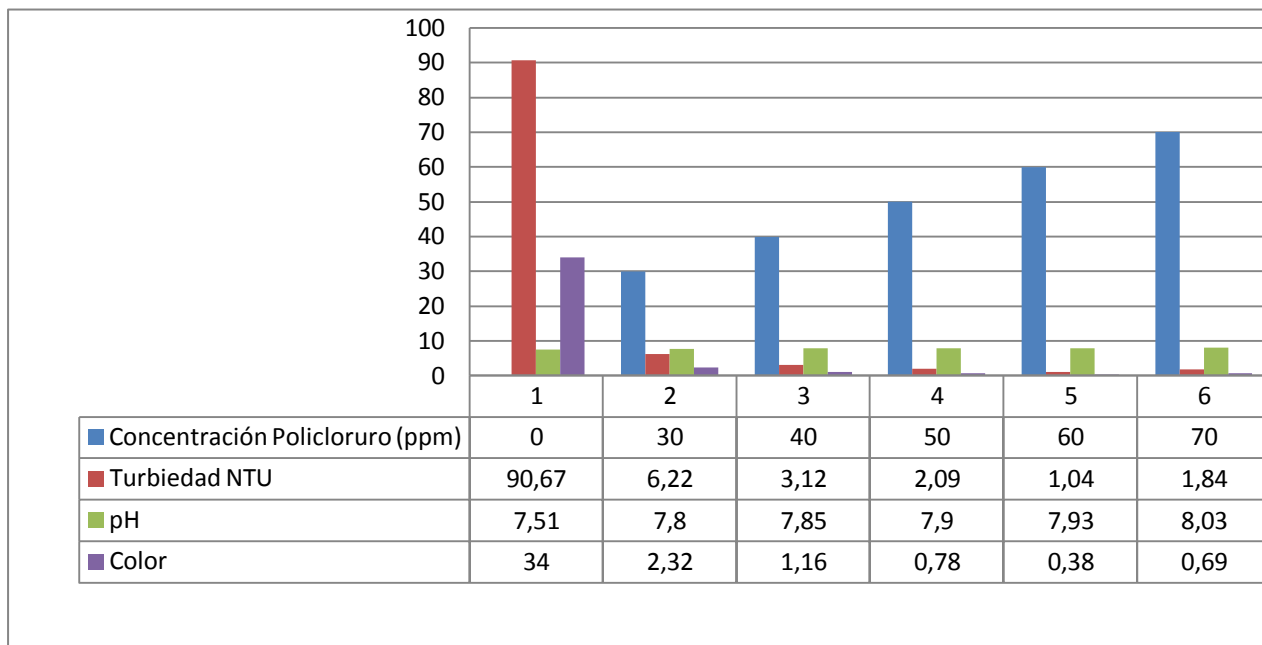
**Auxiliar Aniónico (10ppm): 1ml**

En la figura 3.7.2-3 se observa que con la prueba número 4 se obtiene mejores resultados que con las otras pruebas realizadas.

Para realizar esta prueba se añadió 15ml de Policloruro de Aluminio de concentración de 50 ppm, con la cual la turbiedad descendió de 88,33NTU hasta 1,03 NTU, con un valor de pH de 7,93 y un color de 0,38.

Los resultados obtenidos al finalizar esta prueba se encuentran dentro de los parámetros de la norma.

**GRÁFICO 3.4**  
**PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 90,67**



**Volumen policloruro de aluminio: 10ml**

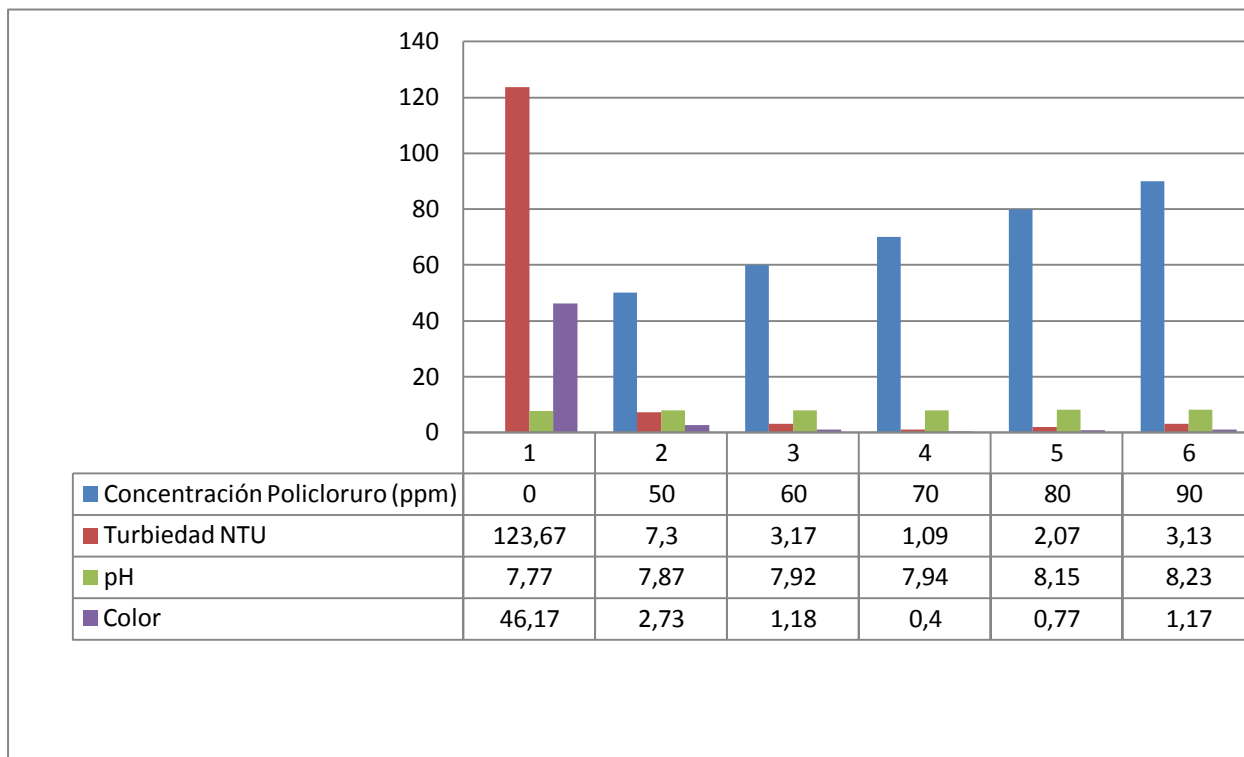
**Auxiliar Aniónico (10ppm): 1ml**

La figura 3.7.2-4 indica que con la prueba número 5 se obtiene mejores resultados que las otras pruebas realizadas.

Para realizar esta prueba se añadió 10ml de Policloruro de Aluminio con una concentración de 60 ppm, con la cual la turbiedad descendió de 90,67NTU hasta 1,04 NTU, con un valor de pH de 7,93 y un color de 0,38.

Los resultados que se obtuvieron al finalizar esta prueba se encuentran dentro de los parámetros de la norma.

**GRÁFICO 3.5**  
**PRUEBA DE JARRAS – TURBIEDAD 123,67**



**Volumen Policloruro De Aluminio: 15ml**

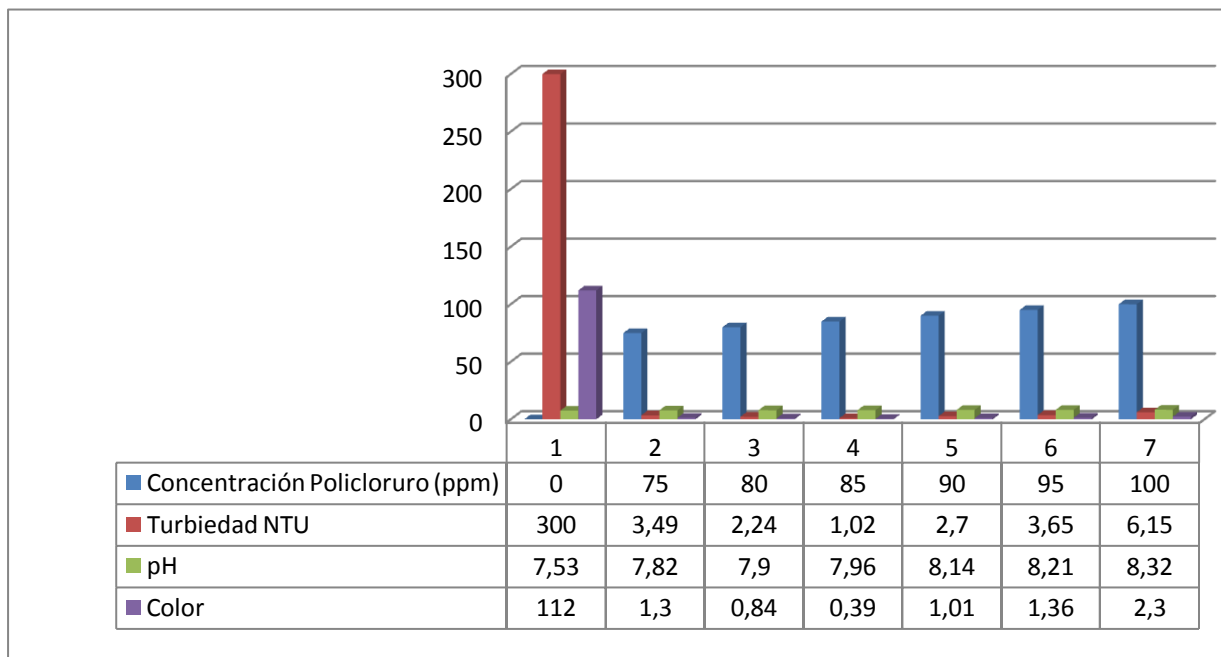
**Auxiliar Aniónico (10ppm): 1ml**

En La figura 3.7.2- 5 indica que de todas las pruebas realizadas, con la prueba número 4 se obtiene mejores resultados que con las otras pruebas realizadas.

Para realizar esta prueba se añadió 15ml de Policloruro de Aluminio con una concentración de 70 ppm, con la cual la turbiedad descendió de 123,67 NTU hasta 1,09 NTU, con un valor de pH de 7,94 y un color de 0,48.

Los resultados obtenidos al finalizar esta prueba se encuentran dentro de los parámetros de la norma.

**GRÁFICO 3.6**  
**PRUEBA DE JARRAS - TURBIEDAD 300 NTU**



**Volumen Policloruro De aluminio: 15ml**

**Auxiliar Aniónico (10ppm): 1ml**

En La figura 3.7.2- 6 se observa que la prueba número 4 se obtiene mejores resultados que con las otras pruebas realizadas.

Para realizar esta prueba se añadió 15ml de Policloruro de Aluminio con una concentración de 85 ppm, con la cual la turbiedad descendió de 300 NTU hasta 1,02 NTU, con un valor de pH de 7,96 y un color de 0,39.

Los resultados obtenidos al finalizar esta prueba se encuentran dentro de los parámetros de la norma.

### 3.7.3 Caracterización físico-química del agua antes y después del tratamiento de potabilización

**Tabla 3.16. Caracterización Muestra 1**

Parámetros	Unidades	Resultado Inicial	Resultado Final	Limites
Color	mg/L	2,07	0,56	15
Turbiedad	NTU	5,5	1,5	5
pH	**	7,05	6,99	6,5-8,5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	39,65	32,89	1000
Aluminio	mg/L	0,004	0,0045	0,25
Amonio (Nessler)	mg/L	0,01	0,01	1,0
Amonio (Salicílico)	mg/L	0,01	0,02	1,0
Bromo	mg/L	3,25	3,085	6,0
Cianuro	mg/L	0,02	0,02	0,07
Cloruros	mg/L	2,5	1,98	250
Cobalto	mg/L	0,007	0,006	1,0
Cobre	mg/L	0,03	0,035	2,0
Cromo IV	mg/L	0,007	0,007	0,05
Cromo Total	mg/L	0,008	0,008	0,05
Cloro libre residual	mg/L	0	1,2	0,3 – 1,5
Dureza	mg/L	120	90	300
Fluoruros	mg/L	0,4	0,35	1,5
Fosfatos	mg/L	0,5	0,435	2
Hierro	mg/L	0,09	0,085	0,3
Manganeso	mg/L	0,008	0,006	0,1
Molibdeno	mg/L	0,08	0,06	0,07
Niquel	mg/L	0,02	0,02	0,02
Nitratos	mg/L	1,4	1,1	50
Nitritos	mg/L	0,003	0,0035	0,2
Plata	mg/L	0,1	0,105	0,13
Plomo	mg/L	0,08	0,08	0,01
Sulfatos	mg/L	1	1	200
Zinc	mg/L	0,08	0,05	3
Trihalometanos totales	mg/L	0,07	0,0025	0,5

\*Fuente: Autor

**Tabla 3.17. Caracterización Muestra 5**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado Inicial</b>	<b>Resultado Final</b>	<b>Limites</b>
<b>Color</b>	mg/L	46,17	0,4	15
<b>Turbiedad</b>	NTU	123,67	1,07	5
<b>pH</b>	**	7,77	7,94	6,5-8,5
<b>Sólidos Totales Disueltos</b>	mg/L	39,32	39,485	1000
<b>Aluminio</b>	mg/L	0,09	0,002	0,25
<b>Amonio (Nessler)</b>	mg/L	0,02	0,015	1,0
<b>Amonio (Salicílico)</b>	mg/L	0,02	0,015	1,0
<b>Bromo</b>	mg/L	2,95	3,1	6,0
<b>Cianuro</b>	mg/L	0,02	0,02	0,07
<b>Cloruros</b>	mg/L	3,05	2,775	250
<b>Cobalto</b>	mg/L	0,01	0,0085	1,0
<b>Cobre</b>	mg/L	0,04	0,035	2,0
<b>Cromo IV</b>	mg/L	0,01	0,0085	0,05
<b>Cromo Total</b>	mg/L	0,01	0,0075	0,05
<b>Cloro libre residual</b>	mg/L	0	1,3	0,3 – 1,5
<b>Dureza</b>	mg/L	110	95	300
<b>Fluoruros</b>	mg/L	0,46	0,36	1,5
<b>Fosfatos</b>	mg/L	0,12	0,49	2
<b>Hierro</b>	mg/L	0,04	0,07	0,3
<b>Manganeso</b>	mg/L	0,04	0,005	0,1
<b>Molibdeno</b>	mg/L	0,02	0,04	0,07
<b>Niquel</b>	mg/L	1,67	0,02	0,02
<b>Nitratos</b>	mg/L	0,01	1,2	50
<b>Nitritos</b>	mg/L	0,06	0,003	0,2
<b>Plata</b>	mg/L	0,05	0,076	0,13
<b>Plomo</b>	mg/L	0,01	0,03	0,01
<b>Sulfatos</b>	mg/L	1	1	200
<b>Zinc</b>	mg/L	0	0,02	3
<b>Trihalometanos totales</b>	mg/L	0,001	0,001	0,5

\*Fuente: Autor

**Tabla 3.18. Caracterización Muestra 6**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado Inicial</b>	<b>Resultado Final</b>	<b>Limites</b>
<b>Color</b>	mg/L	112	0,39	15
<b>Turbiedad</b>	NTU	300	1,02	5
<b>pH</b>	**	7,53	7,96	6,5-8,5
<b>Sólidos Totales Disueltos</b>	mg/L	41,23	41,645	1000
<b>Aluminio</b>	mg/L	0,005	0,0035	0,25
<b>Amonio (Nessler)</b>	mg/L	0,02	0,01	1,0
<b>Amonio (Salicílico)</b>	mg/L	0,02	0,015	1,0
<b>Bromo</b>	mg/L	3	3,03	6,0
<b>Cianuro</b>	mg/L	0,02	0,02	0,07
<b>Cloruros</b>	mg/L	3	2,235	250
<b>Cobalto</b>	mg/L	0,008	0,007	1,0
<b>Cobre</b>	mg/L	0,02	0,025	2,0
<b>Cromo IV</b>	mg/L	0,006	0,006	0,05
<b>Cromo Total</b>	mg/L	0,003	0,0029	0,05
<b>Cloro libre residual</b>	mg/L	0	0,9	0,3 – 1,5
<b>Dureza</b>	mg/L	110	85	300
<b>Fluoruros</b>	mg/L	0,4	0,36	1,5
<b>Fosfatos</b>	mg/L	0,6	0,49	2
<b>Hierro</b>	mg/L	0,07	0,07	0,3
<b>Manganeso</b>	mg/L	0,005	0,005	0,1
<b>Molibdeno</b>	mg/L	0,04	0,04	0,07
<b>Niquel</b>	mg/L	0,02	0,02	0,02
<b>Nitratos</b>	mg/L	2	1,2	50
<b>Nitritos</b>	mg/L	0,004	0,003	0,2
<b>Plata</b>	mg/L	0,08	0,076	0,13
<b>Plomo</b>	mg/L	0,04	0,03	0,01
<b>Sulfatos</b>	mg/L	0,01	0,01	200
<b>Zinc</b>	mg/L	0,02	0,02	3
<b>Trihalometanos totales</b>	mg/L	0,001	0,001	0,5

\*Fuente: Autor

# **CAPÍTULO IV**

## **Conclusiones y Recomendaciones**



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- La planta de tratamiento “Chaquishca” de la ciudad de Guaranda para que cumpla con la suficiente cantidad y calidad de agua a la población estimado para el año 2027 debe implementar el proceso y dimensionamiento establecido el presente estudio.
- De acuerdo a los cálculos y análisis de laboratorio la planta debe tener las siguientes características:

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS
CAUDAL MÁXIMO DE TRATAMIENTO	0,182 m <sup>3</sup> /s
AIREACIÓN	Altura total de 2,97m, 24 torres, 6 bandejas en cada torre, Tiempo de retención de 1,91s
DESARENADOR	Volumen 380 m <sup>3</sup> , en el cual se retendrán las partículas de arena fina de 0,150mm de diámetro y una velocidad de sedimentación de 0,56 cm/s.
CANAL DE MEZCLA RÁPIDA	Tiempo de mezcla: 1,08s

<b>FLOCULACIÓN</b>	<p>Floculador de flujo vertical de 6,5m de longitud y 3,5m de profundidad.</p> <p>Tiempo de permanencia de 20 min</p>
<b>FILTROS LENTOS</b>	<p>De grava y arena para tratar 0,182 m<sup>3</sup>/s, con la finalidad de eliminar el residuo de materia orgánica que se puede encontrar y un sistema de desinfección que contará con una dosis de hipoclorito de calcio de 1,5mg/L; el cual funcionará en las noches y en situaciones emergentes, mientras que durante el día se dosificará cloro gas mediante una bomba dosificadora automática.</p>

- Con el tratamiento propuesto se espera lograr valores de turbiedad, color y pH, como se muestran en las Tablas 3.16 hasta Tabla 3.18, cumpliendo con los requisitos especificados en la Norma NTE INEN 1 108:2011.

#### 4.1.1 Caracterización físico-química del agua antes y después del tratamiento de potabilización

**Tabla 3.16. Caracterización Muestra 1**

Parámetros	Unidades	Resultado Inicial	Resultado Final	Limites
Color	mg/L	2,07	0,56	15
Turbiedad	NTU	5,5	1,5	5
pH	**	7,05	6,99	6,5-8,5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	39,65	32,89	1000
Aluminio	mg/L	0,004	0,0045	0,25
Amonio (Nessler)	mg/L	0,01	0,01	1,0
Amonio (Salicílico)	mg/L	0,01	0,02	1,0
Bromo	mg/L	3,25	3,085	6,0
Cianuro	mg/L	0,02	0,02	0,07
Cloruros	mg/L	2,5	1,98	250
Cobalto	mg/L	0,007	0,006	1,0
Cobre	mg/L	0,03	0,035	2,0
Cromo IV	mg/L	0,007	0,007	0,05
Cromo Total	mg/L	0,008	0,008	0,05
Cloro libre residual	mg/L	0	1,2	0,3 – 1,5
Dureza	mg/L	120	90	300
Fluoruros	mg/L	0,4	0,35	1,5
Fosfatos	mg/L	0,5	0,435	-
Hierro	mg/L	0,09	0,085	0,3
Manganeso	mg/L	0,008	0,006	0,1
Molibdeno	mg/L	0,08	0,06	0,07
Niquel	mg/L	0,02	0,02	0,02
Nitratos	mg/L	1,4	1,1	50
Nitritos	mg/L	0,003	0,0035	0,2
Plata	mg/L	0,1	0,105	0,13
Plomo	mg/L	0,08	0,08	0,01
Sulfatos	mg/L	1	1	200
Zinc	mg/L	0,08	0,05	3
Trihalometanos totales	mg/L	0,07	0,0025	0,5

\*Fuente: Autor

**Tabla 3.17. Caracterización Muestra 5**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado Inicial</b>	<b>Resultado Final</b>	<b>Limites</b>
<b>Color</b>	mg/L	46,17	0,4	15
<b>Turbiedad</b>	NTU	123,67	1,07	5
<b>pH</b>	**	7,77	7,94	6,5-8,5
<b>Sólidos Totales Disueltos</b>	mg/L	39,32	39,485	1000
<b>Aluminio</b>	mg/L	0,09	0,002	0,25
<b>Amonio (Nessler)</b>	mg/L	0,02	0,015	1,0
<b>Amonio (Salicílico)</b>	mg/L	0,02	0,015	1,0
<b>Bromo</b>	mg/L	2,95	3,1	6,0
<b>Cianuro</b>	mg/L	0,02	0,02	0,07
<b>Cloruros</b>	mg/L	3,05	2,775	250
<b>Cobalto</b>	mg/L	0,01	0,0085	1,0
<b>Cobre</b>	mg/L	0,04	0,035	2,0
<b>Cromo IV</b>	mg/L	0,01	0,0085	0,05
<b>Cromo Total</b>	mg/L	0,01	0,0075	0,05
<b>Cloro libre residual</b>	mg/L	0	1,3	0,3 – 1,5
<b>Dureza</b>	mg/L	110	95	300
<b>Fluoruros</b>	mg/L	0,46	0,36	1,5
<b>Fosfatos</b>	mg/L	0,12	0,49	2
<b>Hierro</b>	mg/L	0,04	0,07	0,3
<b>Manganeso</b>	mg/L	0,04	0,005	0,1
<b>Molibdeno</b>	mg/L	0,02	0,04	0,07
<b>Niquel</b>	mg/L	1,67	0,02	0,02
<b>Nitratos</b>	mg/L	0,01	1,2	50
<b>Nitritos</b>	mg/L	0,06	0,003	0,2
<b>Plata</b>	mg/L	0,05	0,076	0,13
<b>Plomo</b>	mg/L	0,01	0,03	0,01
<b>Sulfatos</b>	mg/L	1	1	200
<b>Zinc</b>	mg/L	0	0,02	3
<b>Trihalometanos totales</b>	mg/L	0,001	0,001	0,5

\*Fuente: Autor

**Tabla 3.18. Caracterización Muestra 6**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado Inicial</b>	<b>Resultado Final</b>	<b>Limites</b>
<b>Color</b>	mg/L	112	0,39	15
<b>Turbiedad</b>	NTU	300	1,02	5
<b>pH</b>	**	7,53	7,96	6,5-8,5
<b>Sólidos Totales Disueltos</b>	mg/L	41,23	41,645	1000
<b>Aluminio</b>	mg/L	0,005	0,0035	0,25
<b>Amonio (Nessler)</b>	mg/L	0,02	0,01	1,0
<b>Amonio (Salicílico)</b>	mg/L	0,02	0,015	1,0
<b>Bromo</b>	mg/L	3	3,03	6,0
<b>Cianuro</b>	mg/L	0,02	0,02	0,07
<b>Cloruros</b>	mg/L	3	2,235	250
<b>Cobalto</b>	mg/L	0,008	0,007	1,0
<b>Cobre</b>	mg/L	0,02	0,025	2,0
<b>Cromo IV</b>	mg/L	0,006	0,006	0,05
<b>Cromo Total</b>	mg/L	0,003	0,0029	0,05
<b>Cloro libre residual</b>	mg/L	0	0,9	0,3 – 1,5
<b>Dureza</b>	mg/L	110	85	300
<b>Fluoruros</b>	mg/L	0,4	0,36	1,5
<b>Fosfatos</b>	mg/L	0,6	0,49	2
<b>Hierro</b>	mg/L	0,07	0,07	0,3
<b>Manganeso</b>	mg/L	0,005	0,005	0,1
<b>Molibdeno</b>	mg/L	0,04	0,04	0,07
<b>Niquel</b>	mg/L	0,02	0,02	0,02
<b>Nitratos</b>	mg/L	2	1,2	50
<b>Nitritos</b>	mg/L	0,004	0,003	0,2
<b>Plata</b>	mg/L	0,08	0,076	0,13
<b>Plomo</b>	mg/L	0,04	0,03	0,01
<b>Sulfatos</b>	mg/L	0,01	0,01	200
<b>Zinc</b>	mg/L	0,02	0,02	3
<b>Trihalometanos totales</b>	mg/L	0,001	0,001	0,5

\*Fuente: Autor

## **4.2 RECOMENDACIONES**

Al finalizar este estudio se recomienda:

- Aplicar el estudio realizado para mejorar el sistema de tratamiento implementando los procesos de coagulación, floculación y filtración para mejorar el abastecimiento de la población de la ciudad de Guaranda.
- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica periódica de las fuentes de captación con la finalidad de obtener una base de datos que nos permita identificar con facilidad las posibles fuentes contaminadas y evitar su uso.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1. AMERICAN PUBLIC HEALT ASSOCIATION.,** Métodos Normalizados para el análisis de agua potable., Editorial Díaz de Santos., Madrid – España., 1992. Pp. 348.
- 2. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.,** Calidad y Tratamiento del Agua., 1.a.ed., Barcelona – España., Editorial McGraw-Hill., 2002., Pp10.
- 3. ARBOLEDA., J.,** Teoría y Práctica de la Purificación del Agua., 3.a.ed., Bogotá – Colombia., Editorial Mc. Graw Hill., 2000., Pp 205-234.
- 4. CORCHO., F.,** Acueductos: Teoría y Diseño., 3.a.ed., Medellín – Colombia., Editorial Universidad de Medellin., 2005., Pp 181-210.
- 5. GOMELLA., C.,** La distribución del agua en las aglomeraciones urbanas y rurales., 2.a.ed., Barcelona –España., Editorial Eyrolles., 1982., Pp.19-21.

6. **GORDON., F.,** Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales., 4.a.ed., Sinaloa – México., Editorial LIMUSA., 2010., Pp. 553.
7. **HERNANDEZ., A.,** Calidad y Tratamiento del Agua., 5.a.ed., México – México., Editorial Mc. Graw-Hill., 2002., Pp. 325 – 328.
8. **KEMMER., F.,** Manual del Agua: su naturaleza tratamiento y aplicaciones., Tomo 3., México D.F- México., Editorial Mc Graw-Hill., 1990., Pp 84.
9. **PERRY., R.,** Manual del Ingeniero Químico., 3.a.ed., Editorial., Mexico – Mexico., Editorial Mc Graw-Hill., 1992., Pp 505 – 515.
10. **PIMIENTA., J.,** La captación de aguas subterráneas., 2.a.ed., Madrid – España., Editorial Reverté., 1980., Pp. 85.
11. **ROJAS., R.,** Guía para la vigilancia de la calidad del agua para su consumo humano., 1.a.ed., Editorial CEPIS., México – México., 2002. Pp. 54-55.
12. **ROMERO., J.,** Calidad del agua., 3.a.ed., Bogotá – Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., Pp. 273 – 302.
13. **ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN).,** Norma Técnica Ecuatoriana - Requisitos para el agua de Potable INEN 1 108:2011., 2.a.ed., Quito – Ecuador., 2011., Pp. 1-5



## **INTERNET**

### **1. AGUA POTABLE**

[http://www.elaguapotable.com/tratamiento\\_del\\_agua.htm](http://www.elaguapotable.com/tratamiento_del_agua.htm)

2008 – 06 – 03

### **2. AGUA SUBTERRÁNEA**

[http://www.salonhogar.com/ciencias/naturaleza/elagua/aguassubterraneas.h  
tm](http://www.salonhogar.com/ciencias/naturaleza/elagua/aguassubterraneas.htm)

2010 – 05 – 12

### **3. CALIDAD DEL AGUA**

<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

2009 – 12 - 23

<http://portal.educar.org/juancarlostincopalangle/blog/lacalidaddelagua>

2005 – 11 – 10

### **4. EMAPA-G RESEÑA HISTORICA**

[http://www.emapag.gov.ec/EMAPAG/ReseñaHistorica.](http://www.emapag.gov.ec/EMAPAG/ReseñaHistorica)

2012 – 11 – 01

### **5. RED DE ABASTECIMIENTO**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_de\\_abastecimiento\\_de\\_agua\\_potable](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable)

2012 – 12 – 05

## **6. REDISEÑO**

<http://es.scribd.com/doc/47025289/51/Desarenacion>

2004 – 07 – 01

## **7. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

<http://www.rotaryclubtomebamba.org/documentos/huigra.pdf>

2006 – 15 - 01

<http://es.scribd.com/doc/56109819/30/Equipos-de-muestreo>

2010 – 07 – 01

# ANEXOS

## ANEXO 1

### a- Descripción de Métodos de Análisis

DETERMINACION	METODO	DESCRIPCIÓN
Recolección de muestras		Recoger 3 tipos de muestras (Agua captada, agua tratada, agua de la red de distribución)
Color	Comparativo	Observación a través del comparador de color.
Turbiedad	Nefelométrico	Utilizar el Turbidímetro para el análisis
pH	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Solidos Totales Disueltos	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Conductividad	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, del conductímetro, y se registra su valor.
Aluminio	Espectrofotométrico	Tomar 25 ml de muestra en un tubo de inversión, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Amonio Nessler	Espectrofotométrico	Tomar 25 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.

<b>Dureza</b>	Volumétrico	50 ml de muestra + 1ml solución tampón para dureza+ una pizca de negro de eriocromo T en polvo, y titular con EDTA 0.02N
<b>Fluoruro</b> <b>Manganeso</b> <b>Amonio Salicílico</b>	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, y 10 ml de agua destilada para el blanco, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
<b>Bario</b> <b>Cloro total</b> <b>Cobalto</b> <b>Cromo Total</b> <b>Hierro</b> <b>Molibdeno</b> <b>Nitratos</b> <b>Trihalometanos totales</b> <b>Bromo</b> <b>Cloruros</b> <b>Cobre</b> <b>Cromo IV</b> <b>Fosfatos</b> <b>Manganeso</b> <b>Nitritos</b> <b>Sulfatos</b> <b>Níquel</b>	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
<b>Plata</b> <b>Zinc</b> <b>Plomo</b> <b>Cianuro</b>	Fotómetro	Colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
<b>Coliformes totales/ Coliformes fecales</b>	Sembrado	Esterilizar el equipo microbiológico de filtración, Tomar 50ml de la muestra y filtrar, añadir el reactivo y sembrar a la temperatura correspondiente.

\*Fuente: Autor

## b- Técnicas Utilizadas

### RECOLECCION DE MUESTRAS

#### STÁNDAR MHETODS \*1060 C

FUNDAMENTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
Método de selección de muestras de una población para estudiar algún aspecto de los individuos que la componen.	Recipientes de plástico transparente o vidrio. Capacidad de 1000ml y 100ml.	Recoger tres (3) tipos de muestra, cada una en un volumen aproximado a 1000 ml.

\* STANDARD METHODS 1060, Edición 17

### DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA

#### STANDARD METHODS \*2550 B

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Magnitud que mide el estado térmico de un sistema termodinámico en equilibrio.	Termómetro en escala centígrada		Introducir el bulbo del termómetro en la muestra.  Esperar unos segundos hasta estabilizar el nivel de mercurio.  Anotar el valor de la temperatura.	$K = 273,15 + C$  Donde:  K = temperatura en escala absoluta  C = temperatura en escala centígrada

\* STANDARD METHODS 2550, Edición 17

## DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD

### STANDARD METHODS \*2130 A y B

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
La turbiedad utiliza un método de dispersión elástica que se utiliza para medir la concentración de las partículas en suspensión. En este método se mide la disminución en la radiación transmitida que resulta de la dispersión de la luz por partículas. Se mide en unidades de turbidez (UNT)	Nefelómetro o Turbidímetro		Colocar en la celda agua destilada para la calibración del equipo.  Colocar la muestra de agua en la celda.  Medir el valor que indica.	

\* STANDARD METHODS 2130, EDICION 17

## DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH

### STANDARD METHODS \*4500 HB

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>El pH se define como el logaritmo negativo en base 10 de la concentración molar de iones hidrógeno (<math>H^+</math>).</p> <p>Los valores obtenidos de pH comparados en la escala nos indican el grado de acidez o alcalinidad de las sustancias.</p>	<p>Vaso de precipitación.</p> <p>pHmetro</p>	<p>Soluciones buffer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ pH 4</li> <li>✓ pH 7</li> <li>✓ pH 10</li> </ul>	<p>Colocar la muestra en un vaso de precipitación.</p> <p>Calibrar el pHmetro con las soluciones buffer, encender el equipo (electrodo de cristal).</p> <p>Introducir el electrodo en el vaso de precipitación.</p> <p>Leer el valor que indique.</p>	<p><math>pH = -\log (H^+)</math></p> <p>Donde:</p> <p>pH = potencial de hidrógeno</p> <p>(<math>H^+</math>) = concentración molar de iones hidrógeno.</p>

\*STÁNDAR METHODS \*4500 HB, Edición 17



## DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Es la capacidad de un cuerpo para permitir el paso de la corriente eléctrica.</p> <p>El agua químicamente pura ostenta una conductividad eléctrica muy baja, significando esto que es un buen aislante, sin embargo con la adición de una pequeña cantidad de minerales disueltos, el agua se vuelve conductiva.</p>	<p>Conductímetro- Electrodo sensible HACH</p> <p>Vaso de Precipitación de 100ml</p>		<p>Agitar la muestra.</p> <p>Colocar el electrodo del conductímetro en la muestra hasta cubrir suficientemente la superficie del electrodo.</p> <p>Se toma el dato luego de la lectura del conductímetro.</p>	LECTURA DIRECTA

\* HACH DR 2800, Model Series

## DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Los sólidos totales es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. Este parámetro indica la cantidad de sales disueltas en el agua y está relacionada con la tendencia corrosiva o incrustaciones del agua.</p> <p>Se determina por métodos gravimétricos o por conductividad eléctrica y se expresa en ppm o mg/L.</p>	<p>Vaso de precipitación</p> <p>Electrodo sensible HACH</p>		<p>Agitar la muestra.</p> <p>Colocar el electrodo en la muestra hasta cubrir la superficie del electrodo.</p> <p>Registrar el resultado obtenido</p>	LECTURA DIRECTA

\* HACH DR 2800, Model Series

## DETERMINACIÓN DEL COLOR

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados. Se denomina color aparente a aquel que presenta el agua cruda o natural y color verdadero al que queda luego de que el agua ha sido filtrada.</p>	<p>Cubetas para colorímetro.</p>		<p>Preparación de la muestra; Colocar en la cubeta una muestra de agua hasta el nivel de aforo.</p> <p>Preparación del blanco; Colocar en otra cubeta agua destilada hasta el nivel de aforo.</p> <p>Proceder a medir en el instrumento.</p>	<p>LECTURA DIRECTA</p>

\* HACH DR 2800, Model Series

## DETERMINACIÓN DE LA DUREZA

### STANDARD MÉTODOS \* 2340 B y C

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Se define como dureza a la capacidad de los cationes presentes en el agua para desplazar a los iones sodio o potasio de los jabones y formar productos insolubles, En el agua natural las concentraciones de calcio y magnesio son superiores a la de cualquier otro ion metálico, por consiguiente la dureza se define ahora como la concentración de carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> mg/L) que equivale a la concentración total de todos los cationes multivalentes de la muestra.	Erlenmeyer  Bureta  Pipeta  Vaso de precipitación	Solución Tampón para dureza.  Negro de Eriocromo T  Solución EDTA 0,02N	Tomar 50 ml de muestra en el Erlenmeyer.  Agregar 2 ml de solución tampón  Poner el indicador de negro de eriocromo T.  Agregar lentamente el EDTA hasta que el viraje de color rojizo a azul.	$CaCO_3 = \frac{V_1 \times N \times 10^5}{V_2}$ <p>Donde:</p> <p>CaCO<sub>3</sub> = concentración de Carbonato de Calcio en ppm (mg / L)</p> <p>V<sub>1</sub> = volumen consumido de EDTA (mL)</p> <p>N = concentración de EDTA</p> <p>V<sub>2</sub> = volumen de la muestra (mL)</p>

\* STANDARD MÉTODOS \* 2340 B y C, edición 17

## DETERMINACIÓN DE ALUMINIO

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>El aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas.</p> <p>Todas las aguas contienen aluminio. En aguas neutras está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede presentar en solución.</p> <p>El aluminio es anfótero y puede reaccionar con ácidos minerales para formar sales solubles con desprendimiento de hidrógeno.</p>	<p>Cubeta de análisis cuadrada de 10ml.</p> <p>Tubo mezclador graduado de 50ml con tapón.</p>	<p>Aluminio Aluver3</p> <p>Acido Ascórbico</p> <p>Bleaching3</p>	<p>Llenar el tubo mezclador con 50ml de la muestra.</p> <p>Añadir el contenido de un sobre de Acido Ascórbico, tapar el tubo e invertir hasta disolver el polvo.</p> <p>Añadir el contenido de un sobre de Aluver3, invertir el tubo durante un minuto para disolver el polvo.</p> <p>Para preparar el blanco: Llenar la cubeta cuadrada hasta la marca con la mezcla preparada</p> <p>Añadir un sobre de Bleaching3 y disolver, dejar reaccionar 15 minutos.</p>	Lectura Directa

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE AMONIO SALICILATO

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>El amoníaco es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es el producto natural de descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados.</p> <p>En el agua puede aparecer en forma molecular o como ion amonio, dependiendo del pH. La presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10ml.</p> <p>Pipetas de 10ml.</p>	<p>Cianurato de Amoníaco en polvo.</p> <p>Salicilato de amoníaco en polvo.</p>	<p>Llenar una cubeta con la muestra y la otra con agua destilada.</p> <p>Añadir un sobre de ácido ascórbico en cada cubeta, tapar, disolver y dejar reaccionar 3 minutos.</p> <p>Después añadir un sobre de cianurato de amoníaco y dejar reaccionar durante 15 minutos.</p>	Lectura Directa

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE BARIO

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El bario es un metal blanco-plateado que existe en el ambiente solamente en minerales que contienen mezclas de elementos. Se combina con otras sustancias químicas, por ejemplo azufre, carbono y oxígeno, para formar compuestos de bario. La manera más probable de exponerse al bario es a través de los alimentos y el agua potable.	Dos cubetas de análisis de 10ml.	Un sobre de reactivo Bariver4	Llenar las cubetas con la muestra.  A una de las cubetas añadir el sobre de reactivo Bariver4, disolver y esperar 5 minutos.  Introducir la celda y registrar el resultado	Lectura Directa

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE BROMO

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El bromo es el único elemento no metálico que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente. Este halógeno se parece químicamente al cloro, pero es menos reactivo. No es muy soluble en agua y se disuelve mejor en disolventes no polares como el disulfuro de carbono, $CS_2$ , o el tetracloruro de carbono, $CCl_4$ . Reacciona fácilmente con muchos elementos y tiene un fuerte efecto blanqueante.	Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml  Pipeta	Sobres de reactivo de cloro total DPD en polvo.	Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta, añadir el contenido de un sobre de reactivo Chlorine Total-DPD. Agitar con rotación durante 20 segundos.  Esperar 3 minutos.  Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra llevar a cero y medir.	Lectura Directa

\* MÉTODO HACH DR 2800



## DETERMINACIÓN DE CLORO TOTAL

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>El cloro se produce en grandes cantidades y se utiliza habitualmente en el ámbito industrial y doméstico como un notable desinfectante y como lejía. Cuando el agua se ha tratado con Cloro de hipoclorito de sodio (HTH) o cloro gas, para ayudar a la desinfección es necesario regular la dosificación y determinar la cantidad de cloro residual, para garantizar la desinfección de bacterias y virus. Es el desinfectante y oxidante más utilizado en el tratamiento del agua de consumo. El cloro reacciona con el agua formando ácido hipocloroso e hipocloritos.</p>	<p>Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</p> <p>Pipeta</p>	<p>Sobres de reactivo de cloro total DPD en polvo.</p>	<p>Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta, añadir el contenido de un sobre de reactivo Chlorine Total-DPD. Agitar con rotación durante 20 segundos.</p> <p>Esperar 3 minutos.</p> <p>Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra llevar a cero y medir.</p>	<p>Lectura Directa</p>

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE HIERRO

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Es un constituyente normal del organismo humano. Su presencia puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. Puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua. Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico. En solución contribuye con el desarrollo de microorganismos que pueden formar depósitos molestos de óxido férrico en la red de distribución.	Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml  Tapón para cubeta	Sobres de reactivo de hierro FerroVer en polvo	Llenar las cubetas con 10ml de la muestra.  A una de las cubetas añadir el contenido de un sobre de hierro FerroVer en polvo, agitar, con rotación, para mezclar y dejar reaccionar durante 3 min.  Medir.  Después de añadir el reactivo se formará un color anaranjado si existe hierro.	Lectura Directa

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE COBRE

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Con frecuencia se encuentra en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a un mg/L. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud. Se trata de un elemento benéfico para el metabolismo, esencial para la formación de la hemoglobina. Sin embargo, si se ingiere agua contaminada con niveles de cobre que superan los límites permitidos por las normas de calidad, a corto plazo pueden generarse molestias gastrointestinales. Exposiciones al cobre a largo plazo podrían causar lesiones hepáticas o renales.	Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml  Tapón para cubeta	Sobres de reactivo de Cobre Cuver 1 en polvo	Llenar las cubetas con 10ml de la muestra.  A una de las cubetas añadir el contenido de un sobre de Cobre Cuver1 en polvo, agitar, con rotación, para mezclar y dejar reaccionar durante 2 min.  Medir.	Lectura Directa

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>El Cr (VI) es considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos. No se conoce de daños a la salud ocasionados por concentraciones menores de 0,05 mg/L de Cr (VI) en el agua. El cromo metálico y los derivados del cromo (VI) usualmente son de origen antropogénico. La forma química dependerá de la presencia de materia orgánica en el agua. La proporción de cromo (III) es directamente proporcional a la profundidad de los sedimentos. En teoría, el cromo (VI) puede resistir en este estado en aguas con bajo contenido de materia orgánica, mientras que con el pH natural de las aguas. Se ha demostrado que el cromo (VI) es carcinógeno para los seres humanos.</p>	<p>Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</p>	<p>Sobres de reactivo de en polvo cromo ChromaVer 3 en polvo</p>	<p>Llenar las cubetas con 10ml de la muestra.</p> <p>A una de las cubetas añadir el contenido de un sobre de cromo ChromaVer 3 en polvo, agitar, con rotación, para mezclar y dejar reaccionar durante 5 min.</p> <p>Medir.</p> <p>En presencia de cromo hexavalente, aparecerá un color violeta.</p>	<p>Lectura Directa</p>

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE CROMO TOTAL

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>El cromo es un metal pesado altamente peligroso para los seres humanos. Debido a que el cromo es, en general, de baja solubilidad, los niveles que se encuentran en el agua por lo común son bajos, sin embargo existen ejemplos de contaminación del agua, en algunos casos muy serios, cuando efluentes que contienen compuestos de cromo se han evacuado en los ríos. Puede estar en forma trivalente o hexavalente. La forma química dependerá de la presencia de materia orgánica en el agua, pues si está presente en grandes cantidades, el cromo (VI) se reducirá a cromo (III), que se podrá absorber en las partículas o formar complejos insolubles. Estos complejos pueden permanecer en suspensión y ser incorporados a los sedimentos.</p>	<p>Dos cubetas de análisis de 10ml. Cubeta circular de 25ml con tapa. Baño maría. Baño de agua fría. Termómetro.</p>	<p>Reactivo ácido en polvo.  Reactivo Cromo Chromaver3 en polvo.  Reactivo Cromo1  Reactivo Cromo2</p>	<p>Llenar la cubeta circular con 25ml de muestra, añadir un sobre de Cromo1, disolver.  Colocar la muestra preparada en el baño maría y esperar 5 minutos.  Después retirar y enfriar hasta 25°C.  Añadir el sobre de Cromo2 y disolver.  Añadir el sobre de Reactivo ácido y disolver.  Añadir el sobre de ChromaVer3, disolver y esperar 5 minutos y medir.</p>	<p>Lectura Directa</p>

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE CLORUROS

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje. El sabor salado del agua, producido por los cloruros, es variable y dependiente de la composición química del agua	Dos cubetas de análisis de 10ml  Pipeta 1ml	1mL Solución férrica.  2mL Solución de tiocianato mercúrico.  Agua desionizada.	Llenar una cubeta con la muestra, y la otra con agua desionizada.  Pipetear 0,8mL de solución de tiocianato mercúrico en las dos cubetas y mezclar.  Pipetear 0,4mL de solución de férrica en las dos cubetas y mezclar.  Esperar 2 minutos y medir.  Registrar los valores obtenidos.	Lectura Directa.

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE FOSFATOS

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Los fosfatos pueden estar solubles como partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos. Es común encontrar fosfatos en el agua. Son nutrientes de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos, etc.	Dos cubetas de análisis de 10ml.	Reactivo fosfato PhosVer3	<p>Llenar las cubetas con 10ml de muestra.</p> <p>A una de ellas añadir el sobre de fosfato PhosVer3, agitar y mezclar para disolver.</p> <p>Dejar reaccionar durante 2min,</p> <p>Medir.</p>	Lectura Directa

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE NIQUEL/COBALTO

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El cobalto es un elemento que ocurre naturalmente y que tiene propiedades similares al hierro y al níquel. El cobalto se encuentra en forma natural en el suelo, rocas, el aire, el agua, en plantas y en animales. Puede entrar al aire y al agua y depositarse en el suelo en polvo, rocío de mar, erupciones volcánicas e incendios forestales. Además, puede entrar a aguas superficiales en agua de escorrentía producida por lluvia que cae sobre suelo o rocas que contienen cobalto.	Dos cubetas de análisis de 10mL  Tapón para cubeta.	Reactivo de EDTA en polvo.  Reactivo de Phthalate-fosfato.  Solución indicador PAN 0,3%  Agua desionizada.	Llenar una cubeta con la muestra, y la otra con agua desionizada.  Añadir un sobre de reactivo Phthalate-fosfato a cada cubeta y mezclar.  Añadir 0,5mL de solución indicador PAN 0,3%, tapar e invertir, esperar 15 minutos.	LECTURA DIRECTA



<p>El níquel puro es un metal duro, blanco-plateado, que tiene propiedades que lo hacen muy deseable para combinarse con otros metales y formar mezclas llamadas aleaciones. Algunos de los metales con los cuales se combina el níquel son el hierro, cobre, cromo y cinc. La concentración de níquel en el agua de consumo es normalmente menor que 0,02 mg/l, aunque el níquel que liberan los grifos y accesorios podría aportar hasta 1 mg/l.</p>			<p>Añadir un sobre de EDTA a cada cubeta.</p> <p>Medir y registrar los valores obtenidos.</p>	
--	--	--	---	--

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE MOLIBDENO

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El molibdeno es un metal esencial desde el punto de vista biológico y se utiliza sobre todo en aceros aleados. Es un metal plateado, tiene el sexto punto de fusión más alto de cualquier elemento. El molibdeno no se produce como el metal libre en la naturaleza, sino en varios estados de oxidación en los minerales.	Dos cubetas de análisis de 10mL	Reactivo Molibdeno MoliVer 1  Reactivo Molibdeno MoliVer 2  Reactivo Molibdeno MoliVer 3	Llenar las cubetas con la muestra.  A una de las cubetas añadir un sobre de reactivo MoliVer 1 y disolver.  A una de las cubetas añadir un sobre de reactivo MoliVer 2 y disolver.  A una de las cubetas añadir un sobre de reactivo MoliVer 3 y disolver.	Lectura Directa

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE NITRATOS

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Los nitratos (sales del ácido nítrico, $\text{HNO}_3$ ) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.	Dos cubetas de análisis de 10ml.	Reactivo Nitratos NitraVer5	<p>Llenar las cubetas con 10ml de muestra.</p> <p>A una de ellas añadir el sobre de Nitrato NitraVer5, agitar y mezclar para disolver.</p> <p>Dejar reaccionar durante 5min,</p> <p>Medir.</p>	Lectura Directa

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE NITRITOS

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Los nitritos (sales de ácido nitroso, <math>\text{HNO}_2</math>) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.</p> <p>Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, pueden contribuir a elevar la concentración de nitritos en agua.</p>	Dos cubetas de análisis de 10ml.	Reactivo Nitratos NitriVer3	<p>Llenar las cubetas con 10ml de muestra.</p> <p>A una de ellas añadir el sobre de Nitrato NitriVer3, agitar y mezclar para disolver.</p> <p>Dejar reaccionar durante 20min,</p> <p>Medir.</p>	Lectura Directa

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE MANGANESO

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El manganeso es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central. Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro. Comúnmente se encuentra en el agua bajo su estado reducido, Mn (II), y su exposición al aire y al oxígeno disuelto lo transforma en óxidos hidratados menos solubles. En concentraciones mayores a 0,15 mg/L, las sales	Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml  Tapón para cubeta	Sobres de ácido ascórbico en polvo  Solución indicadora PAN 0.1%  Solución de reactivo de cianuro alcalino  Agua destilada	Para preparar el blanco, llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada.  Preparar la muestra; llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10ml con muestra.  Añadir a cada cubeta el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo. Tapar las cubetas e invertir con cuidado para disolver el polvo.  Añadir 12 gotas de solución de reactivo de	Lectura Directa

<p>disueltas de manganeso pueden impartir un sabor desagradable al agua. La presencia de manganeso en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, debido a que se convierte, por oxidación, de manganoso en solución al estado mangánico en el precipitado</p>			<p>cianuro alcalino a cada cubeta. Agitar con cuidado para mezclar. En algunas muestras puede tomarse una solución turbia. La turbidez deberá disiparse en el paso siguiente.</p> <p>Añadir 12 gotas de solución indicadora PAN 0.1%, a cada cubeta. Agitar con cuidado para mezclar.</p> <p>Esperar 2 minutos, y medir.</p> <p>Si hay manganeso presente, la muestra preparada producirá un color anaranjado.</p>	
---	--	--	--	--

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE SULFATOS

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo. Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas.</p>	<p>Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</p> <p>Pipeta</p>	<p>Sobres de reactivo de SulfaVer 4 en polvo</p>	<p>Llenar las cubetas con 10ml de muestra.</p> <p>A una de ellas añadir el sobre de Sulfato SulfaVer4, agitar y mezclar para disolver.</p> <p>Dejar reaccionar durante 2min,</p> <p>Medir.</p>	<p>Lectura Directa</p>

\* MÉTODO HACH DR 2800

## DETERMINACIÓN DE FLUORUROS

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Elemento esencial para la nutrición del hombre. Su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente en los niños, si la concentración de fluoruro en el agua es alta, podría generar manchas en los dientes y dañar la estructura ósea. Los minerales inorgánicos que contienen fluoruro tienen muy diversas aplicaciones industriales. Pueden liberarse al medio ambiente fluoruros procedentes de rocas que contienen fosfato empleadas en la fabricación de fertilizantes fosfatados; estos depósitos contienen un 4% de flúor.</p>	<p>Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</p> <p>Pipeta volumétrica de 2 ml</p> <p>Soporte universal</p>	<p>Solución de reactivo SPANDS</p> <p>Agua Destilada</p>	<p>Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra.</p> <p>Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. Pipetear 1 ml de reactivo SPANDS en cada cubeta, agitar varias veces para mezclar.</p> <p>Esperar 1 minuto y medir.</p>	<p>Lectura Directa</p>

\* MÉTODO HACH DR 2800



## DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES

### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Son bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes fecales o termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es <i>Escherichia</i>, pero algunos tipos de bacterias de los géneros <i>Citrobacter</i>, <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i> también son termotolerantes. <i>Escherichia coli</i> se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima <math>\beta</math>-glucuronidasa. <i>E. coli</i> está</p>	<p>Cámara Incubadora</p> <p>Equipo de Filtración</p> <p>Membranas de filtro 0.47</p> <p>Cajas Petri</p> <p>Pinza</p> <p>Termómetro</p> <p>Cronómetro</p> <p>Pads</p>	<p>Medio de cultivo Ampollas m- ColiBlue24® Broth</p> <p>Alcohol antiséptico 70°GI</p>	<p>Tomar una muestra de agua de 100mL.</p> <p>Dispensar un pad en la caja petri esteril y saturar con el medio de cultivo m-ColiBlue24® Broth.</p> <p>Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo.</p> <p>Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana</p> <p>Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la</p>	<p>Conteo de coliformes y registro de resultados.</p> <p>Confirmar la temperatura de la incubadora, 45° C</p> <p>Siguiente a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada.</p> <p>Colocar las cajas petri en una superficie plana.</p> <p>Remover las tapas y contar todas las colonias de color azul, sin considerar el tamaño. Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar las colonias a los</p>

<p>presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de <i>E. coli</i>, puede haber microorganismos ambientales.</p>	<p>adsorbentes</p> <p>Reverbero</p> <p>Lente de aumento</p> <p>Pipetas plásticas</p> <p>Pasteur.</p>		<p>pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración, y colocarla sobre el Pad saturado.</p> <p>Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.</p> <p>Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.</p>	<p>pocos minutos, ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo.</p> <p>Una vez que en número de colonias ha sido determinada para cada muestra y asumiendo que se han filtrado en 100 ml de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 ml.</p> <p>Y registrar los resultados.</p>
---	--	--	---	--

\* MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA EL CONTROL DEL TRATAMIENTO DE AGUAS

## DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES

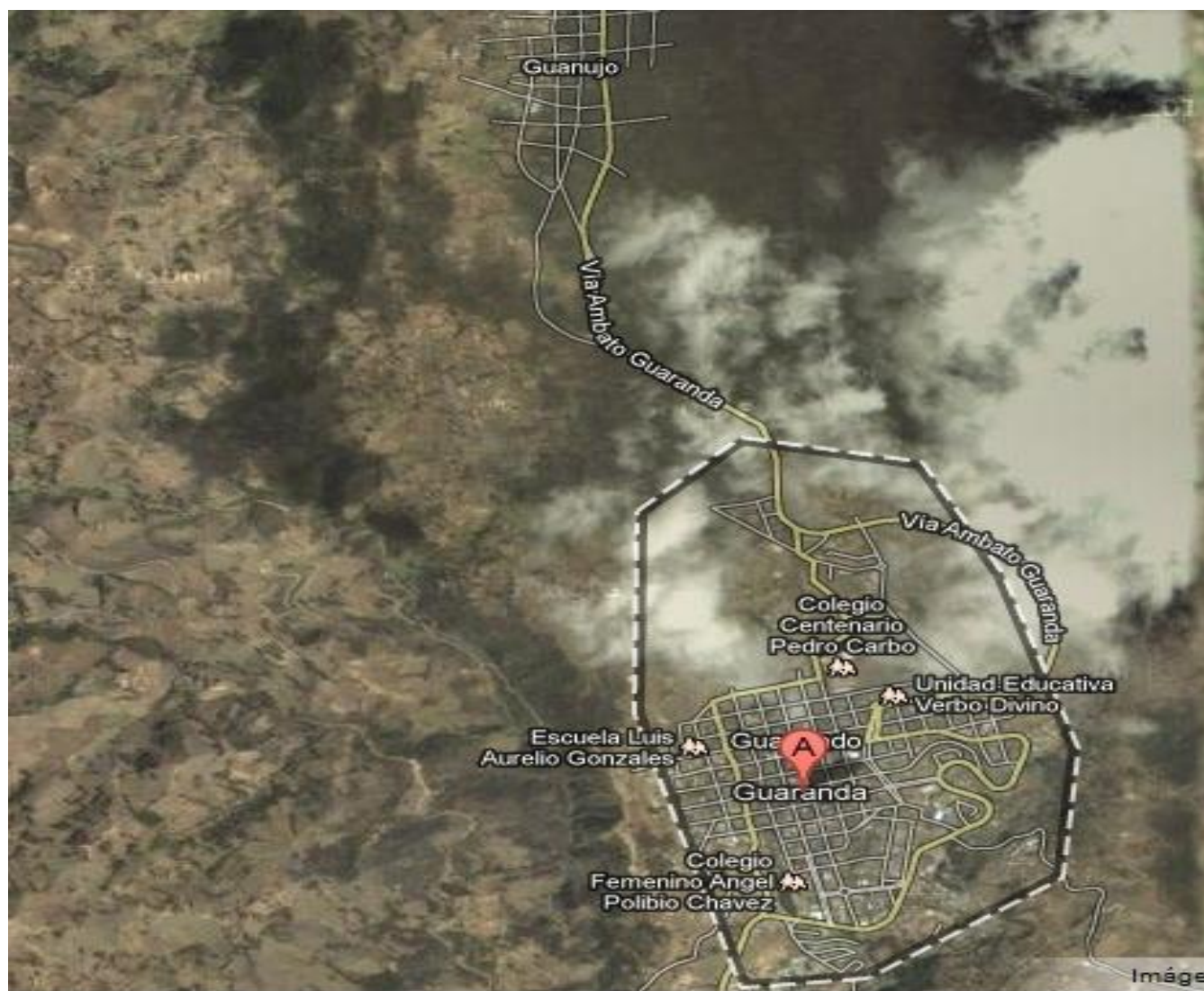
### MÉTODO HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El «total de bacterias coliformes» (o «coliformes totales») incluye una amplia variedad de Bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. Los coliformes totales producen, para fermentar la lactosa, la enzima $\beta$ -galactosidasa. Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los	Cámara Incubadora  Equipo de Filtración  Membranas de filtro 0.47  Cajas Petri  Pinza  Termómetro  Cronómetro  Pads	Medio de cultivo Ampollas m- Endo®Broth  Alcohol antiséptico 70°GI	Tomar una muestra de agua de 100mL.  Dispensar un pad en la caja petri esteril y saturar con el medio de cultivo Ampollas m- Endo®Broth.  Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo.  Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana  Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la	Conteo de coliformes y registro de resultados.  Confirmar la temperatura de la incubadora, 35° C  Siguiendo a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada.  Colocar las cajas petri en una superficie plana.  Remover las tapas y contar todas las colonias de color azul, sin considerar el tamaño. Utilizar el lente de aumento si es necesario.

<p>géneros <i>Escherichia</i>, <i>Citrobacter</i>, <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i>, pero el grupo es más heterogéneo e incluye otros géneros como <i>Serratia</i> y <i>Hafnia</i>. El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una re proliferación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas.</p>	<p>adsorbentes</p> <p>Reverbero</p> <p>Lente de aumento</p> <p>Pipetas plásticas</p> <p>Pasteur.</p>		<p>bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración, y colocarla sobre el Pad saturado.</p> <p>Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.</p> <p>Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.</p>	<p>Contar las colonias a los pocos minutos, ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo.</p> <p>Una vez que en número de colonias ha sido determinada para cada muestra y asumiendo que se han filtrado en 100 ml de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 ml.</p> <p>Y registrar los resultados.</p>
---	--	--	--	--

## ANEXO 2

### Cantón Guaranda – Dotación de Agua Potable



### ANEXO 3

#### Solubilidades de los Gases a Diferentes Temperaturas y Altitudes

	Concentración de saturación del Oxígeno (mg/l)					
Altura m.s.n.m.	0	200	400	2 000	3 500	4 000
Temperatura 0° C	14,66	14,29	13,94	11,40	9,43	8,86
Temperatura 5° C	12,96	12,63	12,32	10,07	8,33	7,82
Temperatura 10° C	11,34	11,06	10,78	8,80	7,28	6,83
Temperatura 15° C	10,24	9,99	9,73	7,94	6,55	6,15
Temperatura 20° C	9,17	8,94	8,72	7,10	5,85	5,48
Temperatura 25° C	8,40	8,19	7,98	6,48	5,33	4,99
	Concentración de saturación del Dióxido de Carbono (mg/l)					
Altura m.s.n.m.	0	200	400	2000	3500	4 000
Temperatura 0° C	1,07	1,04	1,02	0,83	0,69	0,65
Temperatura 5° C	0,90	0,88	0,85	0,70	0,58	0,54
Temperatura 10° C	0,74	0,72	0,70	0,57	0,47	0,44
Temperatura 15° C	0,64	0,62	0,60	0,49	0,41	0,38
Temperatura 20° C	0,54	0,53	0,51	0,42	0,34	0,32
Temperatura 25° C	0,47	0,46	0,44	0,36	0,30	0,28

m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar

## ANEXO 4

### a) Clasificación de los materiales en suspensión según su tamaño

Material	Diámetro (mm)
Arcilla coloidal	<0.0001
Arcilla fina	0,0001
Arena fina	0,1-0,25

### b) Relación del diámetro de la partícula y la velocidad de sedimentación

Material	Diámetro (mm)	Reynodls	Vs (cm/s)	Regimen	Ley aplicada
Arena fina	0,1	0,8	0,8	Laminar	Stokes
Arena gruesa	0,15	2	15	Transición	Hagen
Grava		>10 000	100	Turbulento	Newton

**ANEXO 5**  
**RELACIÓN A/T – PORCENTAJES DE REMOCIÓN**

CONDICIONES	REMOCIÓN 50%	REMOCIÓN 75%	REMOCIÓN 87 ½ %
<b>Máximo teorico</b>	0,500	0,750	0,875
<b>Depósitos con muy buenos deflectores</b>	0,730	1,520	2,370
<b>Depósitos con buenos deflectores</b>	0,760	1,660	2,750
<b>Depósitos defientes deflectores o sin ellos</b>	1,000	3,000	7,000

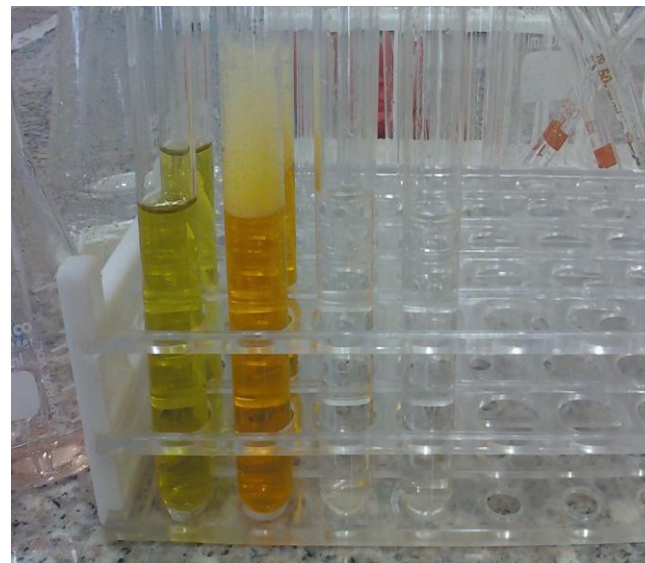


## ANEXO 6

### Valores típicos del coeficiente de rugosidad (Coeficiente de Mannig)

Material	Coeficiente de maning	Coeficiente Rugosidad Absoluta (mm)
Asbestos cemento	0,011	0,0015
Latón	0,011	0,0015
Fierro fundido (nuevo)	0,012	0,6
Concreto (cimbra metálica)	0,011	0,26
Concreto (cimbra madera)	0,015	0,18
Concreto simple	0,013	0,6
Cobre	0,011	0,0015
Acero corrugado	0,022	45
Acero Galvanizado	0,016	0,15
Plomo	0,011	0,0015
Plastico (PVC)	0,09	0,0015
Madera (duelas)	0,012	0,18
Vidrio (laboratorio)	0,011	0,0015

**ANEXO 7**  
**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA**



**ANEXO 8**  
**CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA**



**SIEMBRA COLIFORMES**



**INCUBACION**



**Muestras Coliformes**



**ANEXO 9**  
**PRUEBAS DE JARRAS**



**Muestra inicial 300 NTU**



**Prueba de Jarras realizadas 20min de agitación**



**Muestra Floculada y sedimentada**

**ANEXO 10**

**Norma NTE INEN 1 108:2011**



**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1 108:2011**  
**Cuarta revisión**

---

**AGUA POTABLE. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

DRINKING WATER. REQUIREMENTS.

**Second Edition**

---

DESCRIPCIÓN: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.  
AL: 01.08-401  
CPLA: 608.1.003  
CBL: 4200  
ICS: 13.060.20

**Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Voluntaria**

**AGUA POTABLE.  
REQUISITOS**

**NTE INEN  
1 108:2011**  
Cuarta revisión  
2011-06

**1. OBJETO**

**1.1** Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

**2. ALCANCE**

**2.1** Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

**3. DEFINICIONES**

**3.1** Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

**3.1.1** *Agua potable.* Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

**3.1.2** *Agua cruda.* Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

**3.1.3** *Límite máximo permitido.* Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

**3.1.4** *UFC/ml.* Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

**3.1.5** *NMP.* Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

**3.1.6** *mg/l.* (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

**3.1.7** *Microorganismo patógeno.* Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

**3.1.8** *Plaguicidas.* Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

**3.1.9** *Desinfección.* Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

**3.1.10** *Subproductos de desinfección.* Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

**3.1.11** *Cloro residual.* Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

**3.1.12** *Sistema de abastecimiento de agua potable.* El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.

**3.1.13 Sistema de distribución.** Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

#### 4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

**4.1** Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

#### 5. REQUISITOS

##### 5.1 Requisitos específicos

**5.1.1** El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	—	no objetable
Sabor	—	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,1
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01

<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.  
 \* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>224</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>239</sup>Pu  
 \*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup>Co, <sup>89</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr, <sup>129</sup>I, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>226</sup>Ra

#### Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP</b>		
Benzo [a]pireno	mg/l	0,0007
<b>Hidrocarburos:</b>		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

(Continúa)

## Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alaclo	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002

## Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3

## Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
<b>Trihalometanos totales</b>	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:		
• Bromodiclorometano	mg/l	0,06
• Cloroformo	mg/l	0,3
Acido tricloroacético	mg/l	0,2

## Cianotoxinas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

## Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales <sup>(1)</sup> :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
<sup>(1)</sup> ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

(Continúa)



## **6. INSPECCIÓN**

### **6.1 Muestreo**

**6.1.1** El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

**6.1.2** El agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros aquí indicados.

**6.1.3** El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

## **7. MÉTODOS DE ENSAYO**

**7.1** Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

# **ANEXO 11**

## **PLANOS PLANTA ACTUAL**

## **ANEXO 12**

# **PLANOS PROPUESTA DE TRATAMIENTO**